

Az erdészeti tudományok története Magyarországon



Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete I.



2022

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete I.

**Az erdészeti tudományok története
Magyarországon**

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete I.

Az erdészeti tudományok története Magyarországon

Szerkesztette:

BARTHA DÉNES, CSÓKA GYÖRGY és MÁTYÁS CSABA

SOPRONI EGYETEM KIADÓ
Sopron, 2022

A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya Erdészeti Tudományos Bizottságának kezdeményezésére és irányításával valósult meg.



Jelen kiadvány a Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kara és Erdészeti Tudományos Intézete anyagi támogatásával jött létre.

Kiadó:
Soproni Egyetem Kiadó

Felelős kiadó:
Prof. Dr. Fábíán Attila a Soproni Egyetem rektora



Copyright – Minden jog fenntartva

Borítókép: Mátrai erdők – drónfelvétel
© Eötvös Csaba Béla, SOE ERTI Erdővédelmi Osztály

ISBN 978-963-334-447-7 (nyomtatott)

ISBN 978-963-334-448-4 (pdf)

DOI: 10.35511/978-963-334-448-4

Nyomdai kivitelezés:



INFORM
Kiadó & Nyomda
1149 Budapest, Angol u. 34.
www.informstudio.hu

Budapest, 2022/27

TARTALOM

<i>Beköszöntő</i>	6
<i>Előszó</i>	7
Az erdészeti kutatás intézményei	8
Erdészeti ökológia	20
Erdészeti növénytan	93
Erdészeti nemesítés és erdészeti genetika	128
Erdőművelés	171
Ültetvényes fatermesztés	197
Erdővédelem	210
Erdőrendezés	295
Erdészeti gépesítés	321
Erdőhasználat	338
Erdőfeltárás	349
Erdészeti hidrológia	361
Erdészeti politika és erdőértékelés	384
<i>A kötet szerzői</i>	397

BEKÖSZÖNTŐ

A Magyar Tudományos Akadémia Erdészeti Tudományos Bizottsága három nagy szakterületet (erdészettudomány, faanyagtudomány, vadbiológia) fog át, melyek között szoros kapcsolat fedezhető fel. Ez a három kötetből álló áttekintés – melynek első, a szűkebben vett erdészettudományt taglaló kötetét tartja kezében a tisztelt Olvasó – kísérlet a három szakterület kutatási eredményeinek, sikereinek és kudarcainak, feladatainak áttekintésére múlt-jelen-jövő bontásban. Tényszerű, forrásjellegű művet kívánunk közreadni, amely a korábbi kutatási eredményeket az eltelt idő távlatából értékeli, áttekinti a jelenlegi helyzetet, illetve egyfajta előre vetítést is megkísérel az egyes szakterületek várható hazai és nemzetközi tendenciáira vonatkozóan.

A szakterületeken belül az egyes tématerületek esetében általános sajátosság az, hogy a múlttal foglalkozó fejezetrész jóval hosszabb, mint a jelent és a jövőt tárgyalók. Ennek oka, hogy különösen az erdészettudomány, de a faanyagtudomány és a vadbiológia egyes tématerületei is évszázados múltra tekintenek vissza. Az is igaz, hogy a régebbi múltból származó eredmények javarészt – nem lebecsülendő – megfigyelésből, összehasonlításból és nem kísérletből, vagy éppen monitoringból származnak. Esetünkben hangoztatni kell még azt is, hogy egy-egy tudományos eredmény olykor hosszú, sok évtizedes, sőt évszázados munkálkodás terméke.

Mivel mindhárom szakterület magáénak vallja a „*theoria cum praxi*” elvet, ezért a kutatás és az egyes szakmák (erdőgazdálkodás, fafeldolgozás, vadgazdálkodás) között nemcsak szoros kapcsolat van, hanem éles határt sem lehet köztük vonni. Ennek következménye az, bár kutatástörténet megírását céloztuk meg, ez esetenként átcsap szakmatörténetbe. Az is igaz, hogy a tématerületek csak kis része tekinthető függetlennek, java részük nagyobb tudományterületekből hasadt ki és szakosodott (erdészeti, fa- vagy vad- előtaggal bővült). Ebből fakad a három szakterület összetettsége, bonyolultsága, más társterületekre való utaltsága is.

Ajánljuk ezt az összeállítást a rokon kutatási területen ténykedőknek a kölcsönösség érdekében, az együttműködés reményében, más, nem rokon szakterületen munkálkodóknak tájékoztatásképpen, esetleges együttműködés lehetőségeként, a jövő kutatóinak (egyetemi és PhD-hallgatóknak) ösztönzésképpen, forrásmunkaként, a szakmai döntéshozóknak befolyásolásképpen, a gyakorlati szakembereknek tájékoztatás és együttműködés érdekében, továbbá a laikusoknak figyelemfelhívásképpen, az erdészettudomány, a faanyagtudomány és a vadbiológia megismertetése és elismertetése érdekében, s végül magunknak tükörként, a saját berkeken belüli potenciális együttműködés lehetőségeként.

BARTHA DÉNES
MTA Erdészeti Tudományos Bizottság
elnöke

ELŐSZÓ

Az erdészettudomány – miként maga az erdő is – nagyszámú összetevőből épül fel, így meglehetősen komplex és sokszínű. A teljesség igényével még csak felsorolni is nehéz lenne azokat a tudományágakat – a mikrobiológiától a szociológiáig – amik különböző módon és mértékben „résztvevői” ennek a nagymúltú tudományterületnek. Jelen tanulmánykötet tucatnyi főbb – részben jól elkülönülő, máskor egymáshoz sok szállal kötődő – diszciplínát kiemelve igyekszik bemutatni azokat a régre visszanyúló és szerteágazó kutatásokat, amik a mai erdészeti tudományok alap- és építőköveit jelentik.

Mi késztet manapság egy kutatót arra, hogy akár több évszázadra is visszatekintve szemezgessen távoli elődei írásiban – amikor ezt sokan felesleges időtöltésnek, múltba révedésnek tartják – ahelyett, hogy a kor elvárásainak és értékmérőinek megfelelően kizárólag angol nyelvű, nemzetközi visszhangot kiváltó közlemények gyártásába fektetné véges idejét és energiáit?

Egyfajta válasz lehet erre az elődök iránti megbecsülés, tiszteletadás kötelessége. Megérdemlik-e ezt azok, akik például a trianoni sokk után nemcsak, hogy nem hagyták elporladni az erdészeti kutatást és az oktatást, hanem a lehetőségek végső határáig elmenve tartották életben és fejlesztették azokat? Vagy éppen, akik az 1950-es évek politikai légkörében tisztességgel, elhivatottsággal, az erdők iránti elkötelezettséggel, optimálisnak korántsem mondható körülmények között végezték kutatómunkájukat? A válasz aligha lehet más, mint igen.

Manapság időnként elhisszük, hogy az interneten minden információ fellelhető, ami pedig nincs ott, azzal nem is nagyon kell foglalkozni. Szakdolgozatokat vagy akár PhD értekezéseket olvasva gyakran válik nyilvánvalóvá ezen hozzáállás hibás volta. A kötetben összegyűjtött tanulmányok jelentős segítségül szolgálhatnak a fiatal kutatói generációnak, akik súlyos hibát követnének el azzal, ha nem érdeklődnének kellőképpen saját szakterületük néhai művelőivel, illetve azok munkájával, eredményeivel kapcsolatban.

A harmadik érv pedig az az intellektuális öröm, élmény lehet, amit a régi könyvek, folyóiratok böngészése jelenthet, és kell is, hogy jelentsen egy kutató számára. Az adott kor problémáinak megismerése, az írások nyelvezete, a szerzők gondolkodásmódja, problémafelvetései és következtetései egyidejűleg élvezetesekek és tanulságosak is.

Ha az olvasók számára ezek a tanulmányok csak közelítőleg annyi tudást, tanulságot hordoznak, mint a szerzők és a szerkesztők számára, akkor reményeink szerint munkánk nem volt és nem is lesz hiábavaló.

Csóka György
MTA Erdészeti Tudományos Bizottság
alelnöke

AZ ERDÉSZETI KUTATÁS INTÉZMÉNYEI

Borovics Attila, Csóka György, Führer Ernő és Mátyás Csaba

A hazai kutató intézmények története a rendszerváltásig

A 18. században a fa iránti kereslet felfutásával az erdők igénybevétele rendkívül megnövekedett. A természettudományok gyors előretörésével együtt ez szükségszerűen megalapozta az erdészettudomány fejlődését is. A nemzetközi, elsősorban német kezdeményezések és törekvések hatására e folyamat az 1800-as évek elejétől Magyarországon is kezdetét vette az erdészeti tanintézet létrehozásával, a selmecebányai Bányászati Akadémián. A tudományos tevékenység erősödése szükségessé tette az erdészeti kutatások nemzetközi összehangolását. Amikor 1892-ben megalakult az Erdészeti Kutatóintézetek

Nemzetközi Szövetsége, még ugyanebben az évben Vadas Jenő, selmeczi akadémiai tanár kezdeményezte az erdőművelési kutatások kiemelt kezelését, selmecebányai akadémiai központtal. A szervezett erdészeti kutatások beindítására vonatkozó törekvéseket Divald Adolf, Fekete Lajos és Vadas Jenő előkészítő és szervező munkája, továbbá Bedő Albert országos főerdőmester támogatása segítette. 1897. december 31-én Darányi



Az Erdészeti Kísérleti Állomás egykori épülete Selmecebányán 1900 körül. Az épületet ma a szlovák Erdővédelmi Szolgálat használja (Ismeretlen festő vízfestménye, ERTI tulajdona)

Ignác aláírta a minisztérium irányítása alatt működő önálló Erdészeti Kísérleti Állomás létesítéséről intézkedő rendeletet. Az alapító rendelet szerint a kutatásoknak elsősorban az erdészeti gyakorlatra közvetlenül hatással lévő kísérletekre kell kiterjednie. Fő célkitűzés a hegy- és dombvidéki erdőgazdálkodás fejlesztése volt. A Vadas Jenő igazgatta intézet selmecebányai központjához négy külső, az erdőőri szakiskolák mellett létesített kísérleti állomás kapcsolódott: Temesvár–Vadászerdőn, Királyhalmán (ma Ásotthalom), Liptóújváron és Görgényszentimrén (Vadas 1899). Az 1. világháborúig a természetes erdőfelújítások és gyérítések, a szaporítóanyag-termelés, az idegenhonos fafajok honosítása és származások tesztelése, a meteorológiai, fenológiai és talajvíz-kutatások voltak a fő kutatási területek. Mivel az Erdészeti Kísérleti Állomás selmeczi központjában mind-

össze egyetlen „szaktisztviselő” alkalmazására nyílt lehetőség, ezért a kitűzött kutatási feladatok teljesítése elsősorban az erdészeti szakiskolák felügyelete alá tartozó kísérleti állomásokon történt. A központban folytatott kutatások főleg a Selmecbánya-közeli Kisiblyén, az Erdészeti Tanintézet illetékes tanszékeivel közösen folytak.

Vadas Jenő a szervezett kutatások beindítása mellett 1899-ben megalapította az első hazai erdészettudományi folyóiratot, az Erdészeti Kísérleteket (megjelent 1949-ig), amelyet az Erdészeti Kutatások (1954–2007), illetve a 2011-től megjelenő Erdészettudományi Közlemények követt (Oroszi 2011).



*Vadas Jenő tanári dolgozószobájában a selmecbányai Akadémián, 1900 körül.
A rangos hagyományt és megbecsülést sugárzó környezetben semmi sem utal a közelgő összeomlásra
(Restaurált fotó, Bartha Dénes szíves közvetítésével)*

A trianoni döntés következtében a Bányászati és Erdészeti Főiskolával együtt az Erdészeti Kísérleti Állomás is Sopronba települt. 1922-ben Roth Gyula, a Főiskola Erdőművelési Tanszékének tanára lett kinevezett vezetője. A megváltozott körülmények új erdészeti politika kidolgozását tették szükségessé. A két világháború között a hazai erdészeti kutatás fejlődését a nemzetközi kapcsolatok, a IUFRO-val való együttműködés és az Erdészeti Világkongresszusokon szerzett tapasztalatok nagyban segítették. Az egyre rosszabbodó körülmények ellenére a korlátozott lehetőségekhez mérten tovább folytatódtak a már korábban megkezdett kutatások, melyek kiegészültek az alföldfásítási kísérletekkel. Ezzel összefüggésben fontos megemlíteni a püspökladányi (1924) és a kecskeméti (1930) kísérleti telepek, valamint a Gödöllői Arborétum létrehozását (1932). A telepek munkája főként a homok- és szikes talajok hasznosítására, azaz az Alföld fásítására irányultak. Már

ekkor igen nagy hangsúlyt helyeztek az akác, valamint az erdei- és feketefenyő termesztés fejlesztésére, az erdők fatermésének, élőfakészletének és növedékének meghatározására, minőségének és mennyiségének gyérítések útján történő növelésére. A háborús évek alatt az erdészeti kutatás a legszükségesebb teendők ellátására korlátozódott, elsősorban a kísérletek dokumentációinak megmentésére törekedtek (Roth 1958). A kialakult méltatlan körülmények miatt 1941-ben Roth Gyula lemondott, helyette Magyar Pál lett a soproni Kísérleti Állomás igazgatója.



Keresztesi Béla, az ERTI 1960-ban kinevezett főigazgatója politikai kapcsolatai révén jelentős fellendülést hozott az ERTI-be. A képen „kiváló dolgozó” jutalmat ad át Mátyás Vilmosnak az „Alkotmány Ünnepe”n, 1961. augusztus 20-án – a falon Lenin arcképe (ERTI archívum)

A 2. világháború után az erdészeti kutatás szempontjából számos előnyt ígért az erdők 90%-ának államosítása, hisz a hosszú távú kísérletek eredményeit így lehetett legjobban nyomon követni. Kezdetben olyan javaslatok kidolgozásán dolgoztak, amelyek a gyakorlatot, a háborús károk enyhítését, új csemetekertek létesítését, az erdei munkásképzés segítségét szolgálták. Az Állomást 1947-ben a Magyar Állami Erdőgazdasági Üzemek Központjához, Budapestre helyezték. Ekkor Magyar Pál utóda Bokor Rezső lett. Őt 1960-ig több vezető (Magyar János, Lány Géza, Parthos Gyula) is váltotta az Állomás, majd később az Intézet élén.

1949. június 1-jétől új korszak kezdődött az erdészeti kutatásban, Budapesten 12 fővel létrehozták az Erdészeti Tudományos Intézetet. Az új székhely kedvezett a Főhatósággal való kapcsolattartásban, és a kutatóintézet gyors fejlődésnek indult. Az ERTI részt vett szakemberek képzésében is, pl. az Intézet kutatói által összeállított szakmai utasítások kidolgozása révén. Az 1950-es években újból az erdőművelés került a kutatás és a gyakorlat középpontjába. Korszakalkotó munka volt az ország erdőgazdasági tájainak és tájcsoportjainak meghatározása. Az 1960-as években erre épült az európai viszonylatban

is korszerűnek számító táji erdőművelés kimunkálása (l. az Erdőművelés főfejezetben), mely nagyban segítette a fokozatosan kialakított ökoszisztéma szemléletű erdőgazdálkodás megalapozását. Az új erdők telepítése, a meglévők gazdaságos művelésének igénye indokolta a fatermesztési technológiák biológiai vonatkozású kidolgozását, a művelet-, majd a folyamat-gépesítéssel kapcsolatos kutatási eredmények gyakorlatba ültetését. Ezzel rohamos fejlődésnek indult az erdészeti kutatás (Kolossváryné 1958, 1963; Keresztesi 1970).

Az Intézetet 1960-tól 1987-ig Keresztesi Béla irányította. Ebben az időszakban a kutatás szakmai és anyagi támogatása rendkívül kedvező volt, az „erdészeti kutatás aranykorának” is nevezhető ez az időszak (Jérôme 1972). Az intézet létszáma meghaladta a 400 főt. A budapesti, Frankel Leó úti központon kívül 8 kísérleti állomás szolgálta a táji erdőművelés megvalósítását. Ezek a következők voltak: Északi Középhegységi Kísérleti Állomás (Mátrafüred), Duna–Tisza Közi Kísérleti Állomás (Kecskemét), Észak-Dunántúli Kísérleti Állomás (Sárvár–Szombathely), Alpokalja Kísérleti Állomás (Sopron), Tiszántúli Kísérleti Állomás (Püspökladány), Dél-Dunántúli Kísérleti Állomás (Kaposvár), Gépkísérleti Állomás (Budapest) és Gödöllői Kísérleti Állomás (Gödöllő). A táji erdőgazdálkodás fejlesztése jegyében minden állomás foglalkozott csaknem valamennyi szakterülettel, különösen az erdőművelés és erdővédelem tekintetében. Az Intézet gondozásában a gyakorlatnak szóló szakkönyvek sora foglalta össze ezen időszak legújabb erdészettudományi eredményeit („ERTI Kiadványok”, kismonográfiák).

A hazai kutató intézmények története a rendszerváltástól napjainkig

1987–1993 között Bondor Antal, 1993-tól Führer Ernő, majd pedig 2009-től Borovics Attila feladata lett az Intézet átszervezése és új koncepciók kialakítása a pénzügyi támogatások és ezzel együtt a létszám folyamatos csökkenése mellett. Az Intézet 1980-as évekbeli mintegy 400 fős létszáma 100 fő alá csökkent a 2000-es évek elejére. A tudományos minősítéssel rendelkező kutatók aránya a korábbinak töredékére apadt. Az ERTI-ben történt leépítések következtében az erdei munkák gépesítése, a munka- és az üzemszervezés, valamint a jóléti erdőgazdálkodás kutatása teljesen megszűnt. A táji fejlesztés koncepcióját feladva, a megmaradt kísérleti állomások specializálódtak, pl. Mátrafüred az erdővédelem, Püspökladány az ültetvényyszerű fatermesztés, Sárvár a nemesítés területére. Jelentős veszteség érte az erdőfelújítási, nevelési, faállomány-szerkezeti és fatermesztési kutatásokat. A 20. század második felében megkezdett és kiépített országos hosszúlejáratos kísérleti hálózat mintegy 3000 parcellájának változatlan formában való további fenntartása lehetetlenné vált. A kutatási pályázatok, valamint a különböző kutatási megrendelések, minisztériumi megbízások teljesítése útján sikerült a kísérleti hálózat működését legalább részben fenntartani (Führer 1998, Solymos 2008).

2009-ben a stabilitás és működőképesség megőrzése érdekében a budapesti központot feladva, sárvári központtal szervezte újra az Intézetet Borovics Attila. A kutatási témák súlya és művelésének mértéke is módosult. A gyakorlatot közvetlenül érintő alkalmazott

kutatásokkal szemben jelentősebbé vált a kutatási pályázatok által favorizált, néhány év alatt végig vihető kutatási témák száma és súlya. Átmeneti helyzetet jelentett 2014-ben az addigi Agrárminisztériumi kutatással foglalkozó háttérintézmények, többek között az ERTI, jogi önállóságának megszüntetése és összevonása a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központjában (NAIK), amely azonban csak 2021-ig tartott.

Az elmúlt három évtized hányatott körülményei ellenére sikerként kell értékelni ebben az időszakban az Erdővédelmi Mérő és Megfigyelő Rendszer kiépítését és a Fénycsapda Hálózat több évtizedes és folyamatos működtetését, az Üvegházhatású Gázleltárral és Erdővédelmi Prognózis készítéssel kapcsolatos folyamatos szakértői tevékenységet. Az időnkénti súlyos gondok ellenére számos elismert eredmény született, főleg a hatékonyan együttműködni képes kutatócsoportok révén, mint pl. a döntéstámogatási rendszer kidolgozását szolgáló Agrárklíma projektben, amely elsősorban a Soproni Egyetem és az Erdészeti Tudományos Intézet együttműködésével jött létre (részletek az Ökológia főfejezetben).

Az erdészeti kutatás fenti két tudományos műhelyét érintő többszöri átszervezés után ismét új helyzet állt elő, amikor az Erdészeti Tudományos Intézet csatlakozott a Soproni Egyetemhez. A Soproni Egyetem 2020-ban indult modellváltásának következő lépéseként az ERTI 2021-ben kivált a megszűnő NAIK-ból, és 100 szakemberével a Soproni Egyetemhez csatolták. Az átalakulás célja a fenntarthatóságot előtérbe helyező zöld egyetem keretein belül az egységes oktató-kutató bázis létrehozása. Ennek során az ERTI önálló kari státuszú intézetként csatlakozott a természeti erőforrások kezelését kiemelt szinten oktató egyetemhez. A Tanulmányi Erdőgazdaság és az ERTI integrációjával létrejött az az intézményi rendszer, amely kutatási és gyakorlati oldalról egyaránt támogatja az egyetem négy karán folyó képzéseket. Az integráció eredményeként öt kutatóállomással (Sárvár, Budapest, Mátrafüred, Püspökladány és Sopron), valamint három arborétummal (Sárvár, Kámon/Szombathely és Püspökladány) bővült a felsőoktatási intézmény.

Az új lendületet kapott közös munka kiemelt célja, hogy a 21. századi kutatási eredményeket közvetlenül a felsőoktatás szolgálatába állítsa, miközben folytatódik az innovatív és gyakorlatorientált kutatási tevékenység. A munkát segíti az Intézet által fenntartott mintegy 200 tartamkísérlet, az ökológiai, genetikai és kórtani laboratóriumok infrastruktúrája. A klímaváltozásra adott gazdálkodói válaszokat segítő döntéstámogatási rendszer továbbfejlesztése, a digitalizációval, távérzékeléssel, bioökonómiával kapcsolatos tapasztalatok, valamint a nemesítési és genetikai eredmények azonnali bevezetése is hozzájárulhat a jövő kihívásaira választ adó tudás megszerzéséhez.

Erdészettudomány a Magyar Tudományos Akadémián

Az MTA első száz évében a természettudományok tekintélye hagyományosan gyenge volt; még az élettudományok is csak 1946-ban léptek színre önálló Biológiai és Orvostudományi Osztály-ként. Ennek ellenére az MTA már korán elismerte az erdészeti tudomány megalapítóit és kiemelkedő művelőit, így 1864-ben tagjai közé választotta az erdészettudomány szervezőjét, Divald Adolfot, és 1880-ban a modern erdőgazdálko-

dás megteremtőjét, Bedő Albertet. Az erdészet fontosságának elismeréséről tanúskodnak a 2. világháborúig megválasztott további akadémikusok: a botanikus-erdész Tuzson János (1909), az erdőrendezést megalapozó Fekete Lajos (1910), a hazai erdőgazdálkodás újjászervezője, Kaán Károly (1924) és a fatermestan professzora, Fekete Zoltán (1941).

Az Agrártudományok Osztálya megalakulásával (1949) az erdészettudomány is külön – bár minisztériumi befolyás mellett működő (MTA-MÉM) – bizottságot alakíthatott 1950-ben. Az Erdészeti Bizottság első elnöke Fekete Zoltán volt. Az újjászervezett Magyar Tudományos Akadémia a rendszerváltásig tagjai közé választotta a talajbiológus Fehér Dánielt (1954), az Erdőmérnöki Főiskolát egyetemmé alakító Magyar Jánost (1967), és az Erdészeti Tudományos Intézetet újjászervező Keresztesi Bélát (1973). Az 1950–60-as években kiépült akadémiai intézeti hálózatban az erdészettudománynak nem jutott kutatóhely. Azonban az akkori Erdőmérnöki Karon folytatott magas színvonalú erdészeti talajbiológiai kutatásokat elismerve, az Akadémia 1952-ben létrehozott egy MTA Talajbiológiai Kutató Laboratóriumot a Növénytani Tanszéken,



*Solymos Rezső Széchenyi-díjas akadémikus felavatja az MTA Emlékerdőt Sopronpusztán, Vizi E. Szilveszter, az MTA elnöke jelenlétében, 2000. november 3-án, a Tudomány Napján
(Fotó: Mátyás Csaba)*

Fehér Dániel mikrobiológus és Varga Lajos talajzoológus professzorok vezetésével, amely 1992-ig működött.

A rendszerváltás utáni három évtizedben az MTA tagságát gyarapították az erdőnevelési kutatásaiért elismert Solymos Rezső (1998), az erdészeti genetikus-ökológus Mátyás Csaba (2004) és vadbiológiai, vadgazdálkodási munkásságáért elismert Faragó Sándor (2022). Az MTA által finanszírozott intézetek közül az utóbbi két évtizedben egyre erősödő er-

dő-ökológiai alap kutatás indult a vácrátóti Ökológiai és Botanikai Intézetben, elsősorban az erdei ökoszisztémák biodiverzitása, az erdődinamika és az erdőrezervátumok monitorozása témakörében (a talajbiológiai és ökológiai kutatások részleteiről l. az Ökológia főfejezetet).

Az MTA Erdészeti Bizottság több szakterületen, külön szakbizottságokkal kapcsolódott be az erdőgazdálkodás tudományos alapjainak kidolgozásába, az erdőgazdálkodás „aranykorában”. Ezt az MTA kiadásában megjelent monográfiák és szakkönyvek bizonyítják, amelyek összegyűjtötték és közreadták a hazai kutatásban elért eredményeket

(Keresztesi 1965, 1966, 1967, 1968, 1988, 1991). A rendszerváltást követően (Mátyás Csaba, Faragó Sándor, Rédei Károly, Tolvaj László és Bartha Dénes elnökletével) a Bizottság tevékenysége a minisztériumi irányítástól függetlenül, összevont albizottságokkal működött tovább. A változásokkal összefüggő szakmai átrendeződés korszakában a Bizottság a felsőoktatás és a kutatás új kapcsolatainak kiépítésére és a korszakos kihívásoknak megfelelő stratégiák kidolgozására összpontosított (Mátyás 1991, Halász et al. 2003). Az idők során a regionális MTA bizottságokon belül is alakultak erdészeti szak- vagy munkabizottságok, így Pécsen, Veszprémben, Debrecenben, Szegeden és Miskolcon, ami ösztönözte a kutatási eredmények gyakorlati átültetését.

1998-ban az MTA Agrártudományi Osztálya Solymos Rezső akadémikust osztályelnök helyettesnek választotta meg. Dohy János elnök hosszas betegsége alatt, de facto elnökként vezette az Osztályt egy cikluson át. Eredményes tevékenysége segítette az erdészeti tudomány szerepének akadémiai elismerését. Kezdeményezte az MTA által támogatott, angol nyelvű erdészeti/faipari tudományos folyóiratnak, az *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*nak a megalapítását, melynek első évfolyama 2005-ben jelent meg. Valószínű legmaradandóbb indítványa a sopronpusztai Akadémiai Emlékerdő és az évente rendezett, nagycenki Széchenyi-megemlékezések hagyományának létrehozása 2000-ben (Pethő és Mátyás 2019). A soproni szakterületi kutatóhelyek közti tudományos együttműködés elősegítésére Solymos 2003-ban kezdeményezte Lackner Kristóf egykori soproni polgármester által 1604-ben alapított „literatus társaság” újjáalapítását (MTA Soproni Tudós Társaság-ként). A testület az MTA-VEAB szervezetében jelenleg 11 szakbizottsággal működik.

Az MTA 2019-es szervezeti átalakításával intézeti hálózatát elvesztette, és ezzel megnőtt a köztestületi tagság jelentősége. Az Erdészeti Bizottságnak is megnövekedett feladata a tudományos fokozattal rendelkező köztestületi tagok aktív közösségének megőrzése, a szakterületi kölcsönhatások és a tudományos információáramlás elősegítése érdekében.

Az erdészeti kutatás nemzetközi szervezete: a IUFRO

A 19. század végén a kutatási módszerek egységesítésének igénye és az erdészeti fajok származásának vizsgálatára alapítandó közös kísérletek szükségessége vezettek egy nemzetközi szervezet létrehozásához. 1890-ben Bécsben határoztak az Erdészeti Kutatóintézetek Nemzetközi Szövetsége (IUFRO) létrehozásáról, ezen részt vett a selmecbányai Akadémia akkori igazgatóhelyettese, Soltz Gyula is. 1892-ben, az Eberswalde-i alapító kongresszuson viszont csak a német nyelvű intézetek képviselői vettek részt, és Magyarország hivatalosan csak 1904-ben csatlakozott. Ennek ellenére 1893-ban, az osztrák kezdeményezésre elfogadott nagyszabású kutatási elképzeléshez, a jelentősebb fajok elterjedési határai meghatározásához, már Magyarország is kapcsolódott. A által vezetett és 1897–1910 között folyt felméréssel – amely a teljes hazai erdész szakközönseget megmozgatta – a IUFRO-tagországok közül elsőként végeztünk, ennek eredménye magyar nyelven 1913-ban, német nyelven 1914-ben jelent meg (Fekete és Blattny 1913, 1914).

E könyvek bemutatása a hazánkban tervezett 7. kongresszus meghiúsulása miatt azonban elmaradt.

Az első nemzetközi (származási) kísérleteket 1907-ben indította el a szervezet. A két-évente megtartott kongresszusok közül a hetediket, 1914-ben, Magyarországra tervezték – ez a rendezvény a kitűzött időpont előtt egy hónappal kitört világháború miatt elmaradt. Az 1929-ben újra alakult szervezet kilencedik kongresszusát 1936-ban viszont Budapesten, illetve Sopronban tartották meg. Roth Gyula elnöki szervező munkáját akkori asszisztense, későbbi egyetemi tanárunk és akadémikusunk, Magyar János segítette. Határoztak új albizottságok létrehozásáról (a terepi kísérletezés, a talajtani fogalmak, a genetika és szaporítóanyagok témákban), de pl. újabb erdei- és lucfenyő kísérletekről is, amiben hazánk is részt vett. A budapesti, illetve soproni ülést egy országot átszelő tanulmányút követte (Roth 1936).

A 2. világháború után a szervezet tagsága egyre nemzetközibbé vált, az első „Világkongresszust” az USA-ban tartották meg 1971-ben. Addigra az önkéntesen együttműködő kutatók száma már elérte a hétezeret, ami ügyrendi változást és strukturális átszervezést, ún. divíziók létrehozását igényelte, a téma- és munkacsoportok összefogására.



*Roth Gyula IUFRO elnök a kilencedik IUFRO kongresszus soproni ülésén, az Egyetem tornatermében, 1936. augusztus 25-én.
Háta mögött Vadas Jenő arcképe. Jobbján Ph. Guinier francia erdész-botanikus, az euramerikai nyárak névadója
(Roth család archívuma)*

Állandó titkárságot hoztak létre Bécsben (Schmutzenhofer 1997). Ez a szervezeti forma változatlanul működőképesnek bizonyult a 21. században is. Jelenleg a IUFRO az egyik legrégebbi alapítású nemzetközi tudományos szervezet, és mintegy 700 választott tisztségviselőjével valódi globális hálózatot képvisel az erdészet-tudomány minden területén.

Az erdészeti kutatás ma már nem kezelhető a globális társadalmi, gazdasági és környezeti problémáktól függetlenül. A világszervezetté vált IUFRO szembesült a fejlődő országok specifikus erdészeti problémáival és a szükségszerűen egyre újabb területeken felmerülő kutatási igénnyel. A jövő legfontosabb kutatási prioritásai közé tartoznak a klímaváltozás hatásainak kivédése, az erdők ökológiai és biológiai értékei, valamint szolgáltatásai megőrzése, az erdők és erdei termékek hozzájárulása a karbonsemlegesség eléréséhez, valamint az erdő-talaj és erdő-víz kapcsolatok kutatása (Tepljakov és Salajev 2017). A IUFRO nem tart fenn tudományos folyóiratot, csak tematikus kiadványokat jelentet meg (IUFRO World Series; pl. Mátyás 1997).

Magyar részvétel a IUFRO kutatásszervező munkájában

A IUFRO volt elnökei között két magyar is szerepel. Vadas Jenő 1911-1914 között, Roth Gyula pedig 1933–1936 között vezette a szervezetet. A 2. világháborút követő hidegháborús időszak nem kedvezett a korábban tekintélyes magyar közreműködés fenntartásának, a kapcsolatok két évtizedre megszakadtak. Időközben a IUFRO-ban az alapozó tudományok művelésére létrehozták a fiziológiával, genetikával és nemesítéssel/származáskutatással foglalkozó „22. szekciót”. A szekció 1965-ben két fontos ülést szervezett. A Point-à-Mousson-i, majd a Zágráb-i konferencia a nemesítési kísérletezés és értékelés közös alapelveit rögzítette, ahol résztvett Szőnyi László is. Szavaival élve, a konferencián hazánk a „semmitől érkező” robbant be kutatási eredményeivel a nemzetközi mezőnybe. Első lépésként csatlakoztunk a IUFRO újabb származási kísérletsorozataihoz. 1966-ban az együttműködés magyarországi konferenciával és tanulmányúttal folytatódott, az erdészeti nemesítés és ültetvényes magtermesztés hazai eredményei tanulmányozására (Szőnyi 1966).

A tudományterületek további gyors növekedése végül 1967-ben a IUFRO legnagyobb létszámú kutatót koordináló egysége, a nemesítés és erdővédelem „2. Divíziója” létrehozásához vezetett, amely a mai napig fennáll (Kriebel 1992). Azóta növekvő számban voltak IUFRO tematikus konferenciák Magyarországon is, és többen töltöttek, ill. töltenek be koordináló szerepet a munkacsoportokban. Az egyetlen magyar szervezésű tematikus IUFRO világkonferencia az 1998-ban Pekingben megrendezett 4. Erdészeti Genetikai Világkonferencia volt, amelyet Mátyás Csaba, a IUFRO Genetika és Nemesítés Divízió akkori genetikai koordinátora szervezett (Mátyás 1999). Az utóbbi időkben Magyarországon IUFRO nemzetközi konferenciát szervezett Csóka György (a IUFRO WP 7.03.02 koordinátora), 1997-ben *Agubacs képző izeltlábvúak biológijája*, és 2004-ben *Biológiai károk az erdőkben*, Szabó Ilona 2007-ben *Erdői fák lomb-, tű- és törzs-kórokozói*, valamint Lakatos Ferenc 2011-ben *Kéreg- és faanyagkárosító rovarok* témában, hogy csak néhány példát említsünk. A SOE/EMK és az ERTI intézményi képviseletét a IUFRO-ban jelenleg (2022-ben) Lakatos Ferenc és Borovics Attila látják el. A nemzetközi kutatásszervezésben végzett munkájáért eddig két magyar kutató kapott kitüntetést IUFRO elismerést: Sziklai Oszkár (1990), és Mátyás Csaba (1998).

A nemzetközi tudományos együttműködés egyéb fórumai

A tudomány – így az erdészettudomány – fejlődésének egyik fő jellemzője a nemzetközi együttműködés erősödése. Ennek jegyében – különösen az ország EU-s csatlakozását követően – a magyar erdészettudomány is egyre nagyobb mértékben vesz részt az európai és globális tudományos együttműködésben. A IUFRO koordináló tevékenységét az utóbbi évtizedekben egyre inkább kiegészítik a szakfeladatokra specializálódott és/vagy regionális szervezetek (Európában pl. az European Forestry Institute – EFI, vagy az EUFORGEN), illetőleg az ENSz, a FAO, az EU és más szervezetek égisze alatt kezdeményezett nemzetközi projektek, amelyek korlátozott futamidejük ellenére komoly

nemzetközi kooperációt összpontosítanak aktuális kutatási kérdésekre, kiegészítve ezzel a tagországok sokszor szerény kutatási költségvetését. Az egyes kutatók szerteágazó nemzetközi kapcsolatrendszere mellett így számos olyan forrás, illetve tudományos/kutatási fórum is nyitottá vált, amikhez magyar erdész kutatók is csatlakozhatnak, illetve amikben szerepet vállalhatnak. Ilyenek a teljesség igénye nélkül a LIFE projektek (az EU környezeti, természetvédelmi és klímaügyi projektjei), a különböző specifikus COST akciók (European Cooperation in Science and Technology), az INTERREG (határmenti együttműködés) projektek, vagy például a REUFIS (Forest Invasive Species Network for Europe and Central Asia – titkára Lakatos Ferenc). Az Európai Erdők Védelme Miniszteri Konferenciák (MCPFE) sora is számos területen vezetett tudományos együttműködésre (Mátyás 2000). Mindezek (sok más mellett) erősítik a honi kutatók és kutatóhelyek nemzetközi kapcsolatrendszerét és nagyban segítenek a határokon átnyúló problémák kutatásában, illetve kezelésében.

Irodalom

- Fekete L. és Blattny T. 1913: Az erdészeti jelentőségű fák és cserjék elterjedése a Magyar Állam területén I–II. Joerges, Selmechánya, 793 o. + 150 o.
- Fekete L. és Blattny T. 1914: Die Verbreitung der forstlich wichtigen Bäume und Sträucher im Ungarischen Staate I–II. Joerges, Selmechánya, 845 o. + 150 o.
- Führer E. (szerk.) 1998: 100 éves a M. Kir. Erdészeti Állomás – a M. Kir. Erdészeti Kutató Intézet – az Erdészeti Tudományos Intézet. Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai 7. Budapest, 92 o.
- Halász G., Gémesi J. és Mészáros K. 2003: Nemzeti Erdőstratégia és Erdőprogram Magyarországon. II. rész: Állami erdő és erdőgazdálkodás. *Erdészeti Lapok* 138(6): 161–164.
- Jérôme R. (szerk.) 1972: A szervezett erdészeti kutatás 75 éves jubileuma. (Tematikus szám). *Az Erdő* 107(11): 481–525.
- Keresztesi B. (szerk.) 1965: Akáctermesztés Magyarországon. Akadémiai Kiadó, Budapest, 665 o.
- Keresztesi B. (szerk.) 1966: A fenyők termesztése. Akadémiai Kiadó, Budapest, 541 o.
- Keresztesi B. (szerk.) 1967: A tölgyek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 656 o.
- Keresztesi B. 1968: Magyar erdők, jóléti erdőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest, 275 o.
- Keresztesi B. 1970: Az Erdészeti Tudományos Intézet fejlődése és eredményei az elmúlt 25 évben. *Erdészeti Kutatások* 67(1): 341–345.
- Keresztesi B. 1988: The black locust. Akadémiai Kiadó, Budapest, 196 o.
- Keresztesi B. 1991: Forestry in Hungary 1920–1985. Akadémiai Kiadó, Budapest, 477 o.
- Kolossváry Sz.-né 1958: A magyar erdészeti kutatásügy fejlődése 1945-től 1958-ig. *Erdészeti Kutatások* 54(3–4): 19–65.
- Kolossváry Sz.-né 1963: 65 éves a magyar erdészeti kutatás. Orsz. Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 79 o.
- Kriebel H.B. 1992: Commemorating IUFRO's centennial – a brief history of Division 2. *Silvae Genetica*, 41(3): 126–130.
- Mátyás Cs. 1991: Újjáalakult az MTA Erdészeti Bizottsága. *Erdészeti Lapok* 126(3): 78–79.
- Mátyás Cs. (szerk.) 1997: Perspectives of forest genetics and tree breeding in a changing world. IUFRO World Series 6., Wien, 160 o.

- Mátyás Cs. 1999: Lessons from hundred years of international research in forest genetics and breeding. In: Mátyás Cs. (szerk.): Forest genetics and sustainability. Forestry Sciences, Vol. 63, Kluwer Publishers, Dordrecht, 3–8. o.
- Mátyás Cs. (szerk.) 2000: Páneurópai kezdeményezés az erdők védelmére. FVM Erdészeti Hivatal, Budapest, 86 o.
- Oroszi S. 2011: Az erdészeti szakajtó története Magyarországon. Erdészettudományi Közlemények 1(1): 7–16.
- Pethő J. és Mátyás Cs. 2019: Prof. dr. Solymos Rezső (1929 – 2019). Erdészeti Lapok 154(12): 438–439.
- Roth Gy. 1936: Report of the 9th IUFRO Congress, Hungary. Röttig–Romwalter Ny., Sopron, 113 o.
- Roth Gy. 1958: A magyar erdészeti kutatásügy története 1898-tól 1940-ig. Erdészeti Kutatások 54: 5–18.
- Schmutzenhofer H. 1997: A IUFRO működése 1936-1996 között és a jövőre vonatkozó tervei. Erdészettörténeti Közlemények, 30: 124–140.
- Solymos R. 2008: Az erdészeti kutatás ünnepnapjára. Erdészeti Lapok 143(6): 170–174.
- Szőnyi L. (szerk.) 1966: Meeting of IUFRO Section 22 members to Hungary. Vol. I. Work Papers. Budapest, 274 o.
- Tepljakov V. K. és Salajev V. S. 2017: A History of IUFRO Congresses. In: Parrotta J. A. és Parrotta-Natarajan P. (szerk.): Forest Research and Russia's Participation. Seoul, 581 o.
- Vadas J. 1899: A m. kir. erdészeti kísérleti állomások keletkezése, szervezete, eszközei és berendezése. Erdészeti Kísérletek 1(1–2): 2–7.

History of forest research institutions in Hungary

The Institute of Forest Research was founded by Prof. J. Vadas (Vlkolinsky) in 1897 at the site of the former Academy of Mining and Forestry in Selmechánya (Banská Štiavnica, now Slovakia), to promote research in forest management. Following the First World War, both institutions were transferred to Sopron. There afforestation problems of sandy and soda soils on the Great Plain became a research priority, leading to the establishment of two lowland experiment stations (Püspökladány and Kecskemét) and of an Arboretum in Gödöllő. In spite of the heavy losses in forest area, the international contacts of research were maintained, and the country contributed two presidents to IUFRO (J. Vadas and G. Roth) and organised in 1936 the 9th Congress of the organization in Hungary and participated in international trials.

In 1949, the reorganized Forest Research Institute (ERTI) in Budapest encountered new challenges triggered by an ambitious program of large-scale afforestation. The fast growing research in biological and technical disciplines has laid the foundations for the so-called “golden era” of forest sciences in the 1960's. The Institute's staff had grown to over 400 employees, active at 8 field stations. Scientific and practical achievements of regional forest management have been published in numerous monographs. International cooperation, especially in IUFRO, increased as well. The 4th World Consultation in Forest Genetics was organized by C. Mátyás in Beijing in 1998 and a number of IUFRO

thematic meetings were located in the country e.g. on forest protection, arranged by G. Csóka and F. Lakatos.

The continuous decline of funding in the late 1980's required a rigorous reorganisation and reduction of the staff to below 100. The remaining experiment stations specialized in forest protection (Mátrafüred), plantation forestry (Püspökladány) and tree breeding (Sárvár). Studies in afforestation, forest yield and stand structure suffered a severe reduction. To maintain stability, the Institute transferred its headquarters to Sárvár, and increased its participation in shorter-term project research. In order to encourage the knowledge transfer between science, education and practice, the Forest Research Institute was finally merged by government decision with the University of Sopron and with the Training Forest Co. in 2021, as a separate unit.

In spite of instabilities in the recent three decades, significant achievements were attained in forest research, such as the development of the Observation Network of Forest Protection, the setting up of the Greenhouse Gas Inventory System, the maintenance of the national Light Trap Network, or the elaboration of the Decision Support System for Climate Change. The new status of independent faculty-level member of Sopron University may provide new opportunities for the Institute.

ERDÉSZETI ÖKOLÓGIA

Mátyás Csaba és Führer Ernő

A tématerület lehatárolása

Az ökológiai kérdések vizsgálata az erdészeti kutatásban jóval több, mint száz éves múltra tekinthet vissza. A „klasszikus” termőhely-kutatás az erdőgazdálkodás szolgálatában a faállomány és abiotikus környezete kapcsolatát helyezte a központba (Bencze 1909; Járó 1962; Szodfridt 1993). Önálló diszciplínaként az erdészeti ökológia csak negyed százada jelent meg az oktatásban és a kutatásban (Mátyás 1997). Ezért a termőhelyismeret és az ökológia nem szinonim fogalmak. Az erdészeti ökológiai kutatás alapvetően az erdőgazdálkodás széleskörű feladataira összpontosít, tehát célra orientáltsága miatt az alaptudományi ökológiánál szűkebb területet vizsgál. Kölcsönhatása az alaptudománnyal természetes és folyamatos. A kettő elhatárolása egymástól csak a megközelítés módja alapján volna lehetséges; ez pedig a természeti környezet, a szakpolitika és a közgondolkodás folyamatos változásának van kitéve.

Az ökológiai kérdések a főfejezetben tárgyaltak mellett számos további erdészeti kutatási terület részét is képezik, és a témák szükségszerű szétosztása miatt ezeket más fejezetek mutatják be. Az Erdészeti növénytan fejezetében szerepelnek a növényfiziológia és fenológia, továbbá a társulástan és vegetációdinamika ökológiai kutatásai. A környezeti tényezők génkészletre és alkalmazkodásra gyakorolt hatásaival az Erdészeti nemesítés és genetika, míg a maggazdálkodás, erdőművelés ökológiai vonatkozásaival pedig az Erdőművelés fejezet foglalkozik. További, az erdészeti ökológia fejezetben nem tárgyalt vagy átfedő témák még: a vízháztartást meghatározó fizikális folyamatok kutatása az Erdészeti hidrológia fejezetben található; az abiotikus és biológiai környezeti tényezőknek a faállományok egészségi állapotára gyakorolt hatásának kutatása (beleértve az antropogén hatásokat is) az Erdővédelem fejezetben szerepel; végül a vadállomány és az erdei ökoszisztémák kapcsolatát az előkészületben lévő Vadgazdálkodás kötet tartalmazza.

Az Erdészeti ökológia fejezet tehát elsősorban az erdei termőhely fizikális tényezői kutatását tárgyalja, biológiai tényezők kiemelten a talajbiológia, az erdő és környezete kölcsönhatása, illetve az ökofiziológia és az erdei ökoszisztémák biodiverzitása tárgyalása kapcsán szerepelnek.

Irodalom

- Bencze G. 1909: Észrevételek az agrogeológiai értekezlet alkalmából. Erdészeti Lapok 48(10): 534–540.
- Járó Z. 1962: A termőhelyi tényezők ismertetése. In: Majer A. (szerk.): Erdő- és termőhely-típlógiai útmutató. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 11–68. o.
- Mátyás Cs. 1997: Erdészeti ökológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 312 o.
- Szodfridt I. 1993: Erdészeti termőhelyismeret-tan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 317 o.

Klimatológiai kutatások

„Erdő és Klíma” konferenciák

Berki Imre

Az 1980-as évek elején szerte az északi mérsékelt övben, így Közép-Európában is tömeges fapusztulások léptek fel. Noha akkor még a pusztulások legfőbb okai vitatottak voltak, az 1990-es évek elején már két évtized óta számos egymást követő száraz év volt, így az ökológusok, az erdész kutatók és agroklimatológusok figyelme is a klíma és az erdő kapcsolatára irányult. A hangsúly a megváltozó makroklíma és az erdő kölcsönhatására helyeződött át, és a Kossuth Lajos Tudományegyetem (KLTE) Meteorológiai Tanszékének kezdeményezésére, a Magyar Meteorológiai Társaság (MMT), valamint az Országos Erdészeti Egyesület támogatásával Síkfőkút közelében, Noszvajon, 1994-ben megrendezésre került az első Erdő és Klíma Konferencia (Tar et al. 1995).



A hosszú távú ökológiai kutatások fontos feltétele az állandósított kutatási helyszínek létrehozása. Vadas Jenő eredeti felvétele az elsőként megalapított Selmecbánya-kisiblyei kísérleti telepről és észlelőházzal (1900 körül, Bartha Dénes szíves közvetítésével)

és Klíma Konferencia (Tar et al. 1995).

A szakmai ajánlásokat is megfogalmazó konferencia sikere arra inspirálta a résztvevőket, hogy 3 évente szervezzenek hasonló tudományos üléseket. Így 1997-ben Sopronban az EFE Termőhelyismerettani Tanszéke rendezte a II. Erdő és Klíma Konferenciát (Tar és Szilágyi 1998). 2000-ben a III. konferenciát ismét a Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszéke szervezte Debrecenben

(Kircsi 2000). A IV. Konferenciának Bakonybél adott otthont 2003-ban, a DE Meteorológiai Tanszéke és a NYME Környezettudományi Intézete rendezésében, az MMT közreműködésével (Mátyás és Vig 2004). Az V. Erdő és Klíma Konferencia Mátrafüreden volt 2006-ban, a szervező intézetekhez az ERTI is csatlakozott (Mátyás és Vig 2007). A VI. (utolsó) konferencia Nagyatádon volt. Utóbbi kivételével az előadások anyagából készült konferencia kötetek kiadásában és szerkesztésében nagy szerepet vállalt Tar Károly, Mátyás Csaba és Vig Péter, de egy-egy kötet szerkesztésében résztvett Berki Imre, Kiss Gyula, Kircsi Andrea, Rasztoivits Ervin és Gálos Borbála is.

Az „Erdő és Klíma” konferencia sorozat adott inspirációt az Erdőmérnöki Kar és az ERTI által koordinált „Agrárklíma” kutatásokhoz, amelyek átvették a Konferenciák szerepét. E projektekben konzorciumi partnerként jórészt a korábbi konferenciák előadói, ill. intézményei vettek részt.

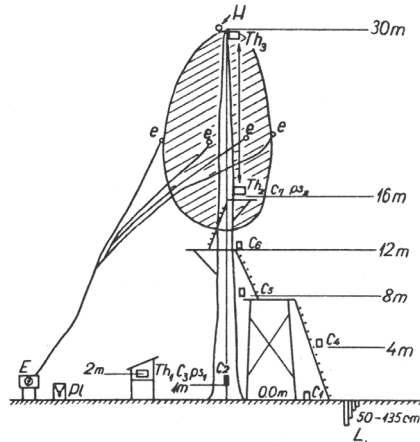
Erdői klíma és mikroklíma kutatások

Vig Péter és Móricz Norbert

Az erdészeti meteorológia megalapozása szempontjából fontos lépés volt, amikor az 1900-as évek elejétől az erdészeti kísérleti állomások programjukba illesztették az erdő és a klíma kölcsönhatásának tanulmányozását. Az I. világháború előtt 9, azt követően pedig 8 meteorológiai megfigyelő állomást működtetett az erdészeti kutatás (Ijjász 1933, 1938). Az erdészeti meteorológiai mérések jelentőségére számos erdész kutató felhívta a figyelmet (Papp 1957), de gyakorlati szakemberek is foglalkoztak meteorológiai megfigyelésekkel. Megemlítendő pl. Kiss Ferenc (1944), aki a legmostohább klímaadottságú Duna–Tisza közén már jelezte, hogy amennyiben talajvízapály jellemzi az adott időszakot, akkor erdőtelepítés csak „kivételesen bő és kedvező eloszlású csapadék esetén végezhető sikerrel”.

Az erdészeti klimatológia hazai kezdeményezőjeként Botvay Károly professzort tartják számon. Az agroklimatológia kutatások keretében a védett újszentmargitai sziki tölgyesben történt először erdő-mikroklimatológiai kutatás, a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem (KLTE) Meteorológiai Tanszékének koordinálásával.

Az erdő mikroklímájának feltárása a néhány méter magas talajmenti légréteg hőmérséklet, légnedvesség és légmozgás paramétereinek összehasonlító mérésével kezdődött. Sopronban Martos András, Szegeden Wagner Richárd végzett ilyen expedíciós méréseket, amelyek feltárták az erdő törzsterének és a szabad terület talajmenti légrétegének mikroklímájának különbségeit (Wagner 1955).



Az 1960-as években tölgyes és bükkös állományokban működtetett országos mikroklíma, ökológiai és terméshiológiai mérőállomások vázrajza, standard észlelőházzal, a koronaszintben elhelyezett termohigrográfokkal (T_h), max/min hőmérőkkel (C), távleolvasó elektromos hőmérőkkel (e , E), napfénytartammérővel (H), Lamont talajhőmérőkkel (Mátyás V. 1970)

Az 1960-as években Mátyás Vilmos maggazdálkodási kutatásai során elsősorban a tölgy és bükk virágzásfenológia és a magképzés mikroklimatikus hátterét vizsgálta a teljes koronaszintben (Mátyás V. 1965). Kutatásai kimutatták a virágzás alatti és az azt megelőző év időjárásának szerepét a virágkezdemények kialakulásában és a makktermésben, amely a tölgy és bükk terméshozás periodicitását okozza a rovarkárok mellett (Mátyás V. 1965, 1970).

Az erdő-ökológiai vizsgálatokhoz kapcsolódó mikroklimatológiai vizsgálatokban Németország járt az élen, a „Solling Project” területén már az 1960-as években folytak ilyen irányú kutatások. Ennek mintájára a KLTE Növényteni Tanszéke, Jakucs Pál vezetésével 1972-ben indította el a „Síkfőkút projekt”-et, melynek keretében az erdő teljes légtérére kiterjedő átfogó mérések kezdődtek mérőtorony segítségével (Jakucs 1973; Tóth 2013; Berki és Mátyás 2018; további részletek a Síkfőkút projekttel foglalkozó fejezetben). A faállomány szerkezetet Majer Antal professzor és munkatársai mérték fel 1973-ban. 1974-ben két meteorológiai állomás épült, az egyik az erdő belsejében, a másik az erdön kívüli fátlan szabad területen. A terület valóságos szabadföldi laboratóriumként a kutató- és oktatómunka gyakorló színterévé vált.

Az 1980-as évek első felében drasztikus kocsánytalan tölgy pusztulás kezdődött. A síkfőkúti erdőklíma kutatások hozzájárultak annak kiderítéséhez, hogy a fapusztulás döntő oka az akkor tetőző klíma szárazodás volt. A fapusztulás hatására a lombkorona felnyílt és a fényben gazdaggá vált erdőbelsőben elegyfajok (mezei juhar, tatár juhar) nőttek fel a cserjeszintből a lombkoronába. A komplex bioklimatológiai vizsgálatokat folytató kutatóbázis munkájában Justyák János vezető szerepet töltött be. Vizsgálta a cseres-tölgyes állomány sugárzási egyenlegét, hőháztartási rendszerét, légáramlási és csapadék viszonyait (Justyák 1987). Tar Károly a meteorológiai idősorok statisztikai elemzését végezte (Tar 1995). A projekt fennállásának 25. évfordulója alkalmából a meteorológiai kutatási eredményeket egy kiadványban tárták a nyilvánosság elé (Antal et al. 1997). A síkfőkúti erdőklimatológiai kutatások kapcsán kialakult szakmai kapcsolat folyamánya a KLTE Meteorológiai Tanszéke kezdeményezte „Erdő és Klíma” konferenciasorozat (részletek az előző részfejezetben).

A Soproni Egyetem és az ERTI fenntartásában az ország számos pontján szélesebb körben elindultak az erdőállományi meteorológiai mérések. Az erdők egészségi állapot monitorozásához kapcsolódóan is egyre hangsúlyosabbak lettek a meteorológiai mérések, először az 1980-as években az ERTI ökológiai bázisterületein. A gödöllői ökológiai bázisterületen az erdők vízháztartásával kapcsolatos vizsgálatok során meteorológiai mérések is zajlottak (Járó 1980; Járó és Sitkey 1995). Führer (1995) a soproni bázisterületen 1988–1990 között folytatott csapadék intercepció méréseket 3 különböző faállományban. A '90-es években egy nemzetközi monitoring (ICP Forest) keretében az intenzív mintaterületeken meteorológiai mérőkertek létesültek. 7 mintaterületen zajlanak erdei meteorológiai mérések meteorológiai tornyok segítségével, faállományokban és szomszédos szabad területeken (Manninger 2009). Az ERTI nyírjesi kísérleti területén 1991-ben indultak a fenyőállomány feletti talajközeli réteg sajátosságait vizsgáló expedíciós mérések. Hazánkban ez az első torony, ahol a meteorológiai paraméterek mellett nyomananyag koncentráció

profilokat mérnek, mely alapján az ülepedési sebesség és éves menete is tanulmányozható (Horváth et al. 1995).

Az 1980-as évek végére egyértelművé vált, hogy a korábbi feltételezésekkel ellentétben a bioszféra meghatározó szerepet játszik a légkör szén-dioxid tartalmának hosszabb távú alakításában. 1993-tól működik a hegyhátsági magas mérőtornyos állomás (gyepfelszín felett, de erdős környezetben), mely az üvegházhatású



Vig Péter meteorológiai és ökológiai mérőkertje Brennbergbánya-Hermesen, a Hidegvíz-völgyben (Fotó: Gálos Borbála)

gázok bioszféra és légkör közötti fluxusának mérésére létesült. A mérőállomás a legdélelebbi, és egyben az egyik leghosszabb egybefüggő mérési időszorral rendelkező európai állomás, amelynek az éghajlatkutatásban és az európai kibocsátás-csökkentés ellenőrzésben is kiemelt szerepe van (Haszpra 2012).



A 30 m magas Brennberg-hermesi mérőtorny a 2004-ben felszerelt szenzorokkal. Segítségével hazánkban először tartták fel a bükkös faállományban lezajló sugárzás- és hőháztartási folyamatokat (Fotó: Vig Péter)

A Soproni Egyetemen a mikroklimatológiai kutatások 1995-ben kezdődtek, amikor OTKA támogatással két automata meteorológiai állomást és egy 30 m magas mérőtornyot állítottak fel egy középkorú bükkösben a Hidegvíz-völgyben. A vizsgálatok egy 601 ha-os kisvízgyűjtő korábban elkezdett hidrometeorológiai kutatásaihoz kapcsolódtak (Vig 1998; Gribovszki 1999; Kucsara et al. 2008). A mérőtorny segítségével hazánkban először tartták fel a faállományban lezajló sugárzás- és hőháztartási folyamatokat, valamint egy bükkös potenciális és tényleges evapotranszpirációját (Vig 1998, 2004, 2007). 2004-ben korszerűbb műszerek installálására került sor. Ezek főleg a sugárzás mérésének részletesebb kiterjesztését tették lehetővé, ezáltal az állomány által elnyelt sugárzási energia hasznosulásának arányai is becsülhetők

lettek. A biomassza produkció és az elnyelt energia összevetésével a bükkös fotoszintézisének hatékonyságára vonatkozóan az az eredmény született, hogy a faállomány az éves globálsugárzás mintegy 6,2%-át elnyeli. Ez új megvilágításba helyezi az erdők klímaváltozást fékező szerepét, hiszen így az erdő a megnövekedett sugárzási energia-többletet közvetlenül is csökkenti a tenyészidőszak folyamán (Vig 2014). A Somogy megyei Fiadon ugyancsak a Soproni Egyetem állított fel mérőtornyot 2006-ban, mely csapadék és talajnedvességmérő állomásként működik 2016 óta.

2014-től az ERTI új erdészeti meteorológiai mérőhálózat kiépítésébe kezdett (Borovics et al. 2018; Bolla és Szabó 2020). A mérőhálózat jelenleg 17 állomásból áll, melyek nagyobb erdőterületek közelében találhatóak, és a standard meteorológiai elemek mellett a talajnedvességet is mérik. Számos erdei meteorológiai állomás található a Bakonyerdő Zrt. fenntartásában is, melyek közül kiemelhető a Devecser-Sárosfőn és a Keszthelyi-hegységben működő automata meteorológia állomások, melyek elsősorban a 2015 körül fellépett cser- és feketefenyő-pusztulás okainak feltárását segítik elő.

A Kiskunságban vízforgalmi modellezés céljából folytak automata állománszerű és kontrol meteorológiai mérések (Gácsi 2000; Bolla et al. 2018). Az Ökológiai Kutatóközpont pilisi mintaterületein 2014 óta zajlik mikroklíma mérés, a különféle erdészeti fahasználatok termőhelyre, mikroklímára és az erdei biodiverzitásra gyakorolt hatásának vizsgálatát célzó projekt keretében (további részletek a biodiverzitás kutatással kapcsolatos fejezetben).

A klíma modellezése erdészeti célú alkalmazáshoz

Gálos Borbála

Az éghajlati tendenciákkal, klímaváltozással kapcsolatos legfrissebb kutatási eredmények már az Erdő és klíma konferenciákon is egyre nagyobb szerepet kaptak. Elkészült Magyarország éghajlati atlasza, valamint Szentimrey Tamás, Lakatos Mónika és Bihari Zita (Bihari et al. 2017) módszert és szoftvert fejlesztett a meteorológiai adatsorok homogenizálására, mely lehetővé teszi az időbeni tendenciák megbízható értékelését, az időjárási anomáliák elemzését az erdőtakaró szempontjából fontos tényezőkre is (Szalai és Mika 2007). A klímaváltozás Kárpát-medencei sajátosságainak becslését az IPCC helyzetértékelő jelentései alapján Mika János (1988) globális cirkulációs modellek térbeli statisztikai leskálasásával végezte. 2005 és 2007 között kezdődtek meg Magyarországon a numerikus modellező kutatások. Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (Szépszó és Horányi 2008) és az ELTE-n (Bartholy et al. 2008) regionális klímamodelleket adaptáltak és futtattak a hosszútávú éghajlati tendenciák előrevetítésére. Az eredményeket a 2013-ban létrehozott Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszerbe (NATÉR) is integrálták.

Az erdei ökoszisztémákban is detektálták az összefüggő, szélsőségesen aszályos periódusok súlyos hatásait, elsősorban a fafajok elterjedésének szárazsági határán (Mátyás és

Czimer 2000; Mátyás et al. 2010). Egyértelművé vált az időjárási szélsőségek kárlánc-kiváltó hatása, fokozódott az igény a várható hatások becslésére, az alkalmazkodási stratégiák kidolgozására, melyhez nélkülözhetetlen a jövőre vonatkozó éghajlati tendenciák ismerete.

A hamburgi Max Planck Meteorológiai Intézettel való együttműködés keretében Gálos Borbála regionális klímamodell szimulációk eredményeit elemezte az erdők szempontjából fontos tényezőkre. Ennek alapján a 21. század során egyre gyakoribbak lehetnek a fafajok elterjedését, egészségi állapotát, az erdei ökoszisztémák víz- és szénforgalmát, valamint a kórokozók, károsítók megjelenését meghatározó szélsőségesen meleg és száraz időszakok (Gálos et al. 2015). Az erőteljes nyári hőmérsékletnövekedés fokozza az ariditást, és az eddigi legszárazabb, de már a bükk mortalitását okozó aszályos periódusnál szélsőségesebb aszályok is előfordulhatnak (Gálos és Somogyi 2017). Ez azt valószínűsíti, hogy az eddigiéknél súlyosabb erdészeti károk várhatók, ami indokolja az alkalmazkodást már kisebb mértékű klímaváltozás esetén is. Az előrevetített hőmérséklet- és csapadéktendenciák a fafajválasztást segítő Agrárklíma Döntéstámogató Rendszer alapját képezik, melyet külön fejezet tárgyal.

Az erdők nem csupán hatásviselők, hanem hatótényezők is az éghajlati rendszerben. A 20. századi felszínborítás változás (erdőterület növekedés) klimatikus hatását Drüszler (2010) mezoskálájú, időjárás előrejelző modell segítségével számszerűsítette. Az erdőterület és potenciális növelésének a klímára gyakorolt hatását a jövőre regionális klímamoddellel végzett esettanulmányok alapján is vizsgálták. A feltételezett erdőtelepítés Magyarországon a nyári csapadékmennyiség és evapotranspiráció növekedését, valamint a hőmérséklet csökkenését eredményezi, amennyiben összefüggő, nagy kiterjedésű területeket érint. A gazdaságtalan szántók helyén potenciálisan megvalósítható, országos átlagban 7%-os erdőterület növekedésnek azonban a vizsgálatok szerint nincs jelentős hatása a regionális éghajlati viszonyokra (Gálos et al. 2012). Ezek az elemzések hazánkban első ízben számszerűsítették az erdők klimatikus értékét, lehetséges éghajlatváltozás-mérsékelő hatásának biofizikai összetevőit. Az újszerű megközelítéseket és módszereket alkalmazó vizsgálatokat egy nemzetközi projekt keretében Európára is kiterjesztették (Gálos et al. 2013).

Erdészeti klímaosztályok és meteorológiai jellemzésük

Führer Ernő, Gálos Borbála, Jagodics Anikó és Mátyás Csaba

Az erdőtenyészet megjelenését és fejlődését elsősorban az ökológiai viszonyok határozzák meg. Az ökológiai tényezők közül a legfontosabb és a leggyorsabban változó az éghajlat, mely paraméterein keresztül az egyes fafajok elterjedését közvetlenül befolyásolja, de mivel a többi termőhelyi tényező (talaj, hidrológia) kialakulásában és fejlődésében is szerepet játszik, azokon keresztül még közvetett hatása is érvényesül.

A szakszerű és tartamos erdőgazdálkodás bevezetésével kezdetben sokat foglalkoztak az egyes fafajok klímaigényével, és megállapították, hogy egy-egy klímaelem

segítségével levont következtetés nem mindig helytálló, mert azok együttes hatása érvényesül. Szántó (1949) ezt felismerve dolgozta ki az egyes fajok éghajlatjósági mértékszámát, melyek segítségével megrajzolt görbék jó tájékoztatást adnak a fajok makroklimatikus igényéről. Ezen ismeretek gyakorlati alkalmazhatósága érdekében azonban szükség volt egy olyan osztályozásra, amiben a fajelterjedés és az éghajlat összefüggései megjelennek. Az erdészeti kutatás kezdetben hazai meteorológusok éghajlat-osztályozásaira épített, melyek közül kiemelkedő volt Bacsó (1959) munkássága. A kizárólag klímaelemekre épülő éghajlati körzetek nagyvonalú áttekintést adnak az ország területére jellemző makroklímáról, viszont Borhidi (1961) klímazonális beosztásában már érvényesült az éghajlat és a következményeként megjelenő erdőtakaró fajoknak összefüggése is. Borhidi és Szántó eredményeit felhasználva a klímazonális fajoknak egy adott térségen belüli előfordulása alapján alakította ki Járó (1972) azt az erdészeti klímaosztályozást, amit végül a gyakorlat évtizedeken keresztül használt, és részben még ma is követ.

Járó az erdészeti klímaosztályozás során a légköri páratartalmat tartotta a legfontosabb tényezőnek, mert az erdők elterjedésének határa szinte egybeesik a júliusi 65%-os légnedvességi átlag lefutásával (Járó 1962). Mivel azonban a relatív páratartalom napi menetében az éjszakai órák jelentős kiegyenlítést okoznak, ezért a fák számára döntő vízleadás (transzspiráció) mértékét jobban befolyásoló júliusi 14 órás átlagos páratartalom értékei a klímaosztályok szétválasztására alkalmasabbnak bizonyultak (Járó 1972). Ezt alátámasztja a talajtanban ismert megállapítás is, miszerint erdőtalajok csak (klíma-) zonális erdőtakarások alatt alakulhattak ki, hiszen a csernozjom területeket lehatároló vonal szinte megegyezik az 50%-os júliusi 14 órás légnedvesség határát jelző görbe futásával (Stefanovits 1963). Ezért Járó azt a területet, ahol az átlagos júliusi 14 órás relatív légnedvesség nem érte el az 50%-ot, erdőssztyep klímájúnak, ahol e mutató 50–55% közé esik, azt kocsánytalan tölgyes, ill. cseres klímájúnak, ahol 55–60% közé esik, azt gyertyános-tölgyes klímájúnak és ahol 60%, vagy annál magasabb, azt pedig bükkös klímájúnak minősítette. Ezen értékeket a későbbiekben, több meteorológiai állomás adatainak és a fajok elterjedési határainak egybevetését követően felülvizsgálták, és a klímaosztályok határait 2%-kal lejjebb rögzítették (Führer és Járó 2000).

A geoinformatika rohamos fejlődése új lehetőségeket nyitott meg az erdészeti klímaosztályok pontosabb meteorológiai jellemzésére. Az Erdőállomány Adattár klímabesorolásait térinformatikailag feldolgozva, az egyes zonális faállomány-típusok, a potenciális (növény-szociológiai) erdőtakarások és az erdészeti nagytájak jellemző meteorológiai adatai meghatározhatókká váltak (Mátyás és Czímber 2000). Az elemzés az egyes klímaosztályok átlagos csapadék- és hőmérséklet adatai között meglepően csekély különbségeket mutatott ki. A klímaosztályokon belül tapasztalható jelentős szóráshoz a nagytájak eltérő klímája jelentősen hozzájárult, jelezve a topográfia szerepét. A klímaosztályok közötti különbségek egybevetése a klíma-forogatókönyvek előrevetített adataival felhívta a figyelmet a hazai erdők jelentős mértékű veszélyeztetettségére, és a konkrét klímaadatokra alapozott, erdőrézlet-szintű klíma-kitérttség számszerűsítésének fontosságára (Mátyás és Czímber 2001).

Az elmúlt 50 év erdőgazdálkodásának tapasztalatai egyértelművé tették, hogy az erdészeti klímaosztályoknak nemcsak ökológiai, hanem természetstechnológiai és ökonómiai jelentősége is van, ezért elengedhetetlen a klíma olyan értékelése, amely figyelembe veszi a faanyag-képződéssel összefüggő ökofiziológiai folyamatokat és bizonyos mértékig a fák életképességét befolyásoló klimatikus körülményeket is (Führer 2018; Führer et al. 2013). A relatív páratartalom értékei térben és időben igen gyorsan változnak, és kellő számú, megbízható méréseken alapuló forrásadattal sem rendelkezünk, sőt, ma már nem is végeznek ilyen méréseket, ezért a klímaosztályok lehatárolását az ún. klímajelző teszt-fajok elterjedésére alapozták, amelyekről a klímaosztályokat el is nevezték.

Járó Zoltán átlagos júliusi 14 órai relatív légnedvességre alapozott klímabeosztását továbbfejlesztve, Führer dolgozta ki azt a mutatószámot, amely figyelembe veszi a fák növekedése és a klíma közötti ok-okozati kapcsolatot befolyásoló periódusok időjárási körülményeit. Olyan meteorológiai paraméterekre épít, amelyeket hosszú idő óta az országban sok helyen rögzítenek, és amelyek térbeli és időbeli kiterjesztése, azaz területi és időbeli extrapolálása nagy biztonsággal megoldható. Ez a mutatószám az egyszerűsített erdészeti szárazsági mutató (Forestry Aridity Index: FAI), amelynek képlete figyelembe veszi az ún. kritikus hónapok (július, augusztus) átlaghőmérsékletét, és a fő növekedési periódus (május-augusztus) csapadékösszegét (Führer 2010, 2018; Führer et al. 2011). Az átlagos FAI értékek és a térség zonális faállományai alapján

- *bükkös* a klíma ott, ahol a FAI-érték 4,750, vagy az alatti,
- *gyertyános-tölgyes* ott, ahol a FAI-érték 4,751 és 6,000 közötti, és a vizsgált klímaperiódus alatt a bükkös klímájú évek aránya kisebb, mint 40%, a bükkös és gyertyános-tölgyes klímájú évek együttes előfordulása pedig kisebb, mint 70%,
- *kocsánytalan tölgyes, ill. cseres* ott, ahol FAI-érték 6,001 és 7,250 közötti, és a vizsgált klímaperiódus alatt a bükkös és gyertyános-tölgyes klímájú évek együttes előfordulása pedig kisebb, mint 50%,
- *erdőssztyep* klímájú ott, ahol a FAI-érték nagyobb, mint 7,250, és a vizsgált klímaperiódus alatt az erdőssztyep és a kocsánytalan tölgyes, ill. cseres klímájú évek együttes előfordulása pedig nagyobb, mint 75%.

Az egyszerűsített szárazsági mutató egzakt meteorológiai adatok segítségével lehetővé teszi:

- egy helysín, egy táj, vagy egy nagyobb térség átlagos klímájának és annak változékonyságának erdészeti szempontú jellemzését (Führer 2017, 2019),
- az erdészeti klímaosztályok lehatárolását és meteorológiai jellemzését (Führer 2018),
- a globális klímaváltozás hatása miatt az erdészeti klímaosztályok területében várható módosulások rövid és hosszú távú előre jelzését (Führer et al. 2011, 2017; Gálos és Führer 2018),
- az erdőadattárban nyilvántartott erdőrészeket klímabesorolásának pontosítását, és
- a Magyarországon alkalmazott erdészeti termőhely-tipológia továbbfejlesztését és beépítését az Erdészeti Döntéstámogató Rendszerbe (Mátyás 2017).

Irodalom

- Antal E., Berki I., Justyák J., Kiss Gy., Tar K. és Vig P. 1997: A síkfőkúti erdőtársulás hő- és vízháztartási viszonyainak vizsgálata az erdőpusztulás és az éghajlatváltozás tükrében. Debrecen, 83 o.
- Bacsó N. 1959: Magyarország éghajlata. Budapest, Akadémiai Kiadó 302 o.
- Bartholy J., Pongrácz R., Gelybó Gy. és Szabó P. 2008: Analysis of expected climate change in the Carpathian basin using the PRUDENCE results. *Időjárás* 112: 249–264.
- Berki I. és Mátyás Cs. 2018: 90 éve született Jakucs Pál. *Erdészeti Lapok* 153(10): 323–324.
- Bihari Z., Lakatos M. és Szentimrey T. 2017: Meteorológiai megfigyelésekből készített rácsponti adatbázisok az Országos Meteorológiai Szolgálatnál. *Léggör* 62: 148–151.
- Bognár K. R. és Vig P. 2004: A sugárzási egyenleg faállományon belüli változásai egy bükkösben. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.): *Erdő és klíma IV.* NymE, Sopron, 133–143. o.
- Bolla B. és Szabó A. 2020: A NAIK-ERTI hidro-meteorológiai monitoring rendszerének kezdeti eredményei a 2019. éves mérések alapján. *Erdészettudományi Közlemények* 10(1): 41–54.
- Bolla B., Németh T. M. és Gácsi Zs. 2018: A vízháztartás vizsgálata néhány Kiskunsági faállományban. *Erdészettudományi Közlemények* 8(2): 37–50.
- Borhidi A. 1961: Klimadiagramme und klimazonale Karte Ungarns. *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis, Sectio Biologica* 4: 20–25.
- Borovics A., Illés G., Juhász J., Móricz N., Rasztovits E., Nimmerfroth-Pletscher B., Ungváry F., Pintér T., Pödör Z. és Jereb L. 2018: Erdészeti klímaközpont kialakításának szükségessége és lépései. *Erdészettudományi Közlemények* 8(2): 5–8.
- Drüszler Á., Csirmaz K., Vig P. és Mika J. 2010: Effects of documented land use changes on temperature and humidity regime in Hungary. In: Saikia S. P. (szerk.): *Climate Change, International Book Distributors*, 394–418. o.
- Führer E. és Járó Z. 2000: Az aszály és a belvíz érvényesülése a Nagyalföld erdőművelésében I. *Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai* 12., 144 o.
- Führer E. (szerk.) 2017: Magyarország erdészeti tájai, I. Nagyalföld erdészeti tájcsoport és II. Északi-középhegység erdészeti tájcsoport. Nemzeti Élelmiszer-Biztonsági Hivatal, Budapest, 972 o. és 574 o.
- Führer E. (szerk.) 2019: Magyarország erdészeti tájai, III. Dunántúli-középhegység erdészeti tájcsoport. és IV. Kisalföld erdészeti tájcsoport. Nemzeti Földügyi Központ. Budapest, 778 o. és 339 o.
- Führer E. 1992: Intercepció meghatározása bükk, kocsánytalan tölgy és lucfenyő erdőben. *Vízügyi Közlemények* 74(3): 281–296.
- Führer E. 2010: A fák növekedése és a klíma. „KLÍMA-21” Füzetek 61: 98–107.
- Führer E. 2018: A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. *Erdészettudományi Közlemények* 8(1): 27–42.
- Führer E., Horváth L., Jagodics A., Machon A. és Szabados I. 2011: Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. *Időjárás* 115: 103–118.
- Führer E., Horváth L., Moring A., Pödör Z. és Jagodics A. 2017: Az erdészeti szárazsági mutató (FAI) segítségével lehatárolt erdészeti klímaosztályok/klímakategóriák jellemzése. *Erdészeti Lapok* 152(9): 270–272.
- Führer E., Jagodics A., Juhász I., Marosi Gy. és Horváth L. 2013: Ecological and economical impacts of climate change on Hungarian forestry practice. *Időjárás* 117(2): 159–174.

- Gácsi Zs. 2000: A talajvízszint észlelés, mint hagyományos, s a vízforgalmi modellezés, mint új módszer Alföldi erdeink vízháztartásának vizsgálatában. Doktori (Ph.D.) értekezés, NYME, Sopron.
- Gálos B. és Führer E. 2018: A klíma erdészeti célú előrevetítése. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 43–55.
- Gálos B. és Somogyi Z. 2017: Új klímaszcenáriók – fellélegezhetnek bükköseink? Erdészettudományi Közlemények 7(2): 85–98.
- Gálos B., Führer E., Czímber K., Gulyás K., Bidló A., Hänsler A., Jacob D. és Mátyás Cs. 2015: Climatic threats determining future adaptive forest management – a case study of Zala County. *Időjárás* 119(4): 425–441.
- Gálos B., Hagemann S., Hänsler A., Kindermann G., Rechid D., Sieck K., Teichmann C. és Jacob D. 2013: Case study for the assessment of the biogeophysical effects of a potential afforestation in Europe. *Carbon Balance and Management* 8(3/3), 12 o.
- Gálos B., Mátyás Cs. és Jacob D. 2012: Az erdőtelepítés szerepe a klímaváltozás hatásának mérséklésében. Erdészettudományi Közlemények 2(1): 35–45.
- Gribovszki Z., Kucsara M. és Vig P. 1999: Hidrológiai és állományklíma-kutatások a Sopron melletti Hidegvíz-völgyben. In: Gácsi Zs. (szerk.): Erdő–Víz. Szemelvények erdészeti kutatási és gyakorlati munkákból, Kecskemét, 7–20. o.
- Haszpra L. 2012: A magyarországi légköri széndioxid-mérések harminc éve. *Magyar Tudomány* 2012(2): 184–191.
- Horváth L., Nagy Z., Führer E. és Weidinger T. 1995: Nyírjes 1991–1993, 1. rész: Expedíciós toronymérések fenyőállomány felett. In: Tar K., Berki I. és Kiss Gy. (szerk.): Erdő és Klíma Konferencia, KLTE, Debrecen, 64–71. o.
- Ijjász E. 1933: Adatok a magyar erdészeti meteorológia viszonyaihoz. *Erdészeti Kísérletek* 35(1–2): 119–135.
- Ijjász E. 1938: Az erdő szerepe a természet vízháztartásában. *Hidrológiai Közöny* 18(1):416–445.
- Jakucs P. 1973: „Síkfőkút Project”. Egy tölgyes ökoszisztéma környezetbiológiai kutatása a bioszféra-program keretén belül. *MTA Biológiai Osztály Közleményei* 16: 11–25.
- Járó Z. és Sitkey J. 1995: Az erdő és a talajvíz kapcsolata. *Erdészeti Kutatások* 85(1): 35–49.
- Járó Z. 1962: A termőhely tényezők ismertetése. In: Majer A. (szerk.): Erdő- és termőhely-tipológiai útmutató. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 11–68. o.
- Járó Z. 1972: A termőhely fogalma. In: Danszky I. (szerk.): Erdőművelés I. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 47–87. o.
- Járó Z. 1980: Intercepció a gödöllői kultúr erdei ökoszisztémában. *Erdészeti Kutatások* 73(1): 7–17.
- Justyák J. 1987: Energiaháztartás-mérések tölgyerdőben. *Időjárás* 2–3: 131–147.
- Kircsi A. (szerk.) 2000: III. Erdő és Klíma konferencia. DE TTK Meteorológiai Tanszék, Debrecen, 184 o.
- Kiss F. 1944: Harc az elemi csapásokkal a Duna–Tisza közti homokterületeken. *Erdészeti Lapok* 83(2): 51–68., 83(3): 101–108.
- Kucsara M., Gribovszki Z., Kalicz P. és Vig P. 2008: A hidegvíz-völgyi erdészeti hidrológiai kutatóhely. Sopron, 25. o.
- Manninger M. 2009: Erdővédelmi hálózat, intenzív monitoring. In: Kolozs L. (szerk.): Az Erdővédelmi Mérő- és Megfigyelő Rendszer 1988–2008. MGSZH Erdészeti Igazgatóságának kiadása, Budapest.
- Mátyás Cs. és Czímber K. 2000: Zonális erdőtakaró mezoklíma szintű modellezése: lehetőségek a klímaváltozás hatásainak előrejelzésére. In: Kircsi A. (szerk.): III. Erdő és Klíma Konferencia Debrecen, 2000 jún. 7–9, DE TTK Meteorológia Tanszék, 83–97. o.
- Mátyás Cs. és Czímber K. 2001: Az előrejelzett klímaváltozás és a magyar erdőtakaró sorsa. In: Neményi M. (szerk.): Tudományos Tanácskozás, NYME, Sopron, 67–74. o.

- Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.) 2004: Erdő és Klíma IV. Bakonybél 2003, NYME, Sopron, 328 o.
- Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.) 2007: Erdő és Klíma V. Mátrafüred 2006, NYME, Sopron, 384 o.
- Mátyás Cs. 2017: Az eDTR alapvető célkitűzései és működése. Erdészeti Lapok 152(10): 306–307.
- Mátyás Cs., Führer E., Berki I., Csóka Gy., Drüsler Á., Lakatos F., Móricz N., Rasztoivits E., Somogyi Z., Veperdi G., Vig P. és Gálos B. 2010: Erdők a szárazsági határon. „Klíma-21” Füzetek 61: 84–97.
- Mátyás V. 1965: Ökológiai megjegyzések a tölgy és a bükk termésének időszakosságához. Erdészeti Kutatások 61(1–3): 99–121.
- Mátyás V. 1970: Weather influence on beech flowering. In: Second world consultation on forest tree breeding. FAO, Washington, 1970. Aug. 7-16, Vol. 2(III): 1404-1418
- Mika J. 1988: A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpát-medencében. Időjárás 95: 265–278.
- Papp L. 1957: Az erdészeti meteorológiai kutatás jelentősége. Az Erdő 92(9): 348–353.
- Stefanovits P. 1963: Magyarország talajai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 442 o.
- Szalai S. és Mika J. 2007: A klímaváltozás és időjárási anomáliák előrejelzése az erdőtakaró szempontjából fontos tényezőkre. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.): Erdő és Klíma V. NYME, Sopron, 133–144. o.
- Szántó I. 1949: Erdőgazdaságunk éghajlati adottságai. Erdészeti Kísérletek 50(1–4): 63–113.
- Szépszó G. és Horányi A. 2008: Transient simulation of the REMO regional climate model and its evaluation over Hungary. Időjárás 112(3–4): 179–190.
- Tar K. 1995: A síkfőkúti erdő hőmérsékletének statisztikai szerkezetéről. In: Tar K., Berki I. és Kiss Gy. (szerk.): Erdő és Klíma Konferencia. KLTE, Debrecen, 100–105. o.
- Tar K., Berki I. és Kiss Gy. (szerk.) 1995: (I.) Erdő és Klíma konferencia, Noszvaj, 1994. KLTE, Debrecen, 245 o.
- Tar K. és Szilágyi K. (szerk.) 1998: II. Erdő és Klíma konferencia, Sopron, 1997. KLTE, Debrecen, 229 o.
- Tóth J. A. 2013: 40 éves a Síkfőkút project. Botanikai Közlemények 100(1–2): 21–45.
- Vig P. 1998: Egy középkorú bükkös vízgazdálkodása a Soproni-hegységben. In: Tar K. és Szilágyi K. (szerk.): II. Erdő és Klíma konferencia. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 184–188. o.
- Vig P. 2004: Egy bükkös vízháztartása. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.): Erdő és Klíma IV. NYME, Sopron, 197–208. o.
- Vig P. 2007: Az inszoláció változásának hatása erdeink vízháztartására. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.): Erdő és Klíma V. NYME, Sopron, 351–360. o.
- Vig P. 2014: Erdőállományok energia forgalma és a klíma kapcsolata. In: TÁMOP 4.2.2.A Agrárklíma projekt C.9 téma zárójelentése, Sopron.
- Wagner R. 1955: Különböző ökológiai viszonyú területek mikroklímamérési módszerei. Időjárás 59: 165–170.

Talajtani kutatások

Erdőállományok tápanyag- és szénkészlete, körforgalma

Bidló András és Führer Ernő

A magyarországi erdészeti szakirodalomban már a 19. század második feléből fellelhetők olyan írások, melyek a tápanyagellátottság jelentőségét tárgyalják (Erdődi 1863; S.P. 1867a, b; Sulyok 1892), illetve az egyes fafajok tápanyagigényére vonatkozó adatokat közölnek (Mikó 1868; Fekete 1881). Illés (1869) az akkor még szokásos alomgyűjtés tápanyagkészletre gyakorolt káros hatását, míg Wiky (1879) a különböző erdőkezelések tápanyagháztartást módosító hatását elemezték.

A faállományok tápelemkészletének tudományos igényű vizsgálatát a múlt század közepén elsősorban Járó Zoltán és munkatársai kezdték meg (Járó és Horváth 1958, 1959, 1961; Baintner és Stollmayerné 1958; Bencze 1962). A kutatások elsősorban a makroelemekre terjedtek ki, de több esetben találkozhatunk mezo-, illetve mikroelemekre vonatkozó adatokkal is. Már ekkor felhívják egyes szerzők a figyelmet arra, hogy az erdei fákban gyakran nagyobb koncentrációban található meg a mikroelemek, mint a szántóföldi növényekben, és ennek nagy jelentősége van a vadon élő kérődző állatok kiegyensúlyozott tápelemellátásában (Tölgyesi 1965).

Bár a hazai erdőkben elsősorban a vízhiány okozza az erdősítések sikertelenségét, ám egyes esetekben a tápanyaghiány is szerepet játszhat ebben, mint ahogy ezt a levélanalízisek és a trágyázási kísérletek is kimutatták (Járó 1966). Járó és munkatársai több fafaj esetén közölnek a tápelemellátottságra vonatkozó adatokat (Járó 1979, 1990). Az egyes fafajokon belüli eltérésekre vonatkozóan további kutatások folytak, így Kovács lucfenyő származások tápelemtartalmát és növekedését vizsgálta (Kovács 1992; Kovács és Bidló 1998), Bidló és Kovács (1995) pedig különböző bükk származások tápelemtartalmát hasonlította össze. Néhány, a tölgyek, a hegyi juhar és a nyír tápelemtartalmára vonatkozó adat is közlésre került (Bidló és Kovács 2001, 2002, 2003). Sajnos, a fenti munkák ellenére az egyes hazai fafajok optimális tápanyagellátottsága tekintetében még mindig viszonylag keveset tudunk.

A faállományok tápanyagigényével kapcsolatos vizsgálatok kapcsán többször felvetették, hogy vajon szükséges-e tápanyagutánpótlás alkalmazása az erdőkben. Fehér (1955) véleménye szerint a gyorsan növő fafajok, illetve rövid vágásforduló esetén mindenképpen figyelemmel kell lenni a talajok tápanyag elszegényedésére. Más vélemények (Szőnyi 1975; Szegedi 1978; Tompa 1978) alapján tápanyagutánpótlást csak speciális esetekben (csemetekertek, magtermesztő ültetvények) érdemes folytatni. Mivel az erdőkből általában túlnyomórészt olyan részeket szállítunk ki (fatörzs, vastag ág), amelyek fajlagosan kisebb mennyiségű tápelemet tartalmaznak, így nincs szükség tápanyag-utánpótlásra (Szodfridt 1995). Ugyanakkor egyes, hazánkra kevésbé érvényesíthető nemzetközi megfigyelések szerint célszerű javítani a tápanyagellátottságot az immisszióknak kitett faáll-

lományokban (Baule 1983). A magyarországi szakközönség jelenlegi véleménye alapján azonban a hazai erdőkben (különösen a természetszerű erdőkben) mesterséges tápelemutánpótlást ekkor sem célszerű alkalmazni. Egyrészt, mert ez negatív hatású lehet a talajban élő szervezetek (edafon) számára, másrészt Führer (1992a, 1995a) mérései szerint a makrotápanyagok légköri, főleg csapadékon keresztüli ülepedése évente eltérő mértékben ugyan, de az erdő tápanyagforgalmában a tápanyagutánpótlás szempontjából nem elhanyagolható bevételi tételt képvisel.

Ezzel szemben az erdészeti csemetekertekben széles körben végeznek trágyázást, ennek tudományos megalapozottságát több hazai vizsgálat is igazolta (Járó 1978; Bidló et al. 1997, 1999). A csemetekertek mellett, elsősorban az ültetvényes fatermesztés esetén jöhet szóba trágyázás. Kutatási eredmények születtek a nemes nyárasok trágyázásáról (Gyarmatiné 1978, 1981). Részletesen, összefoglalóan foglalkoznak a trágyázással Szodfridt és munkatársai (1993) tankönyvükben, kitérnek az erdők, a csemetekertek, illetve egyéb erdőterületek trágyázására, illetve a trágyafélékre és ezek kijuttatási idejére, valamint módjára is.



Gyökérfeltárás és talaj szervesanyag tartalom vizsgálat egy bakonyi bükkösben, 2003 augusztusában.

A Führer Ernő által kezdeményezett, és az Agrárklíma projektekben folytatódó részletes elemzések új megvilágításba helyezték a talajban zajló szénforgalom dinamikáját és kapcsolatát a klímával és a földfeletti dendromasszával (Fotó: ERTI)

Az „Erdészeti ökológia” kötetben (Mátyás 1997) külön fejezet foglalkozik az erdei ökoszisztémák elemforgalmával (Bidló és Kovács 1997). A fejezetben hazai és nemzetközi adatok alapján bemutatásra került a talajban és a növényzetben előforduló legfontosabb elemek mennyisége, valamint néhány elem (szén, nitrogén, foszfor, kén stb.) körforgalma.

Több kutatás foglalkozott az erdei ökoszisztémákban tárolt teljes szervesanyag mennyiségével (pl. Járó 1991; Ujváriné et al. 2001; Bidló et al.

2014). Eltekintve a talaj termékenységének szempontjaitól, a tárolt szervesanyag széntartalma fokozott hangsúlyt kapott a széndioxid klímaváltozásban játszott szerepe felismerésével. Az erdei ökoszisztémák szénmegkötő és széntároló képessége az erdő ökológiai szolgáltatásai között emiatt egyre magasabb helyiértékkel vehető figyelembe. Führer és munkatársai a régóta vizsgált, élőfakészletből és növedékből számítható szénforgalmi adatokat részletes talajvizsgálatokkal egészítették ki a szénmegkötés klímaosztályonkénti becslésére (Führer és Molnár 2003; Führer és Mátyás 2005; Führer és Jagodics 2009;

Führer et al. 2011, 2014; Fekete et al. 2020, 2021; Somogyi et al. 2013; Somogyi 2016). Somogyi nevéhez köthető a CASMOFOR szénkörforgalmi modell kidolgozása, melynek segítségével a hazai erdők szénmegkötése és -kibocsátása, vagyis a készletváltozás folyamatszinten becsülhetővé vált (Somogyi 2010, URL.1). A modellt nemzetközileg is elfogadták az erdőkre érvényes szénegyenlegek számítására, és az IPCC is alkalmazta. A kutatás révén az országos szénelnyelés jövőbeni alakulásának – EU tagországok által elhatározott – előrebecslése végrehajtható és a szakpolitika által eldöntött stratégia hatása is ellenőrizhető. Az ehhez szükséges „referenciaszint” meghatározását az ERTI készítette el (Somogyi 2020).

A környezeti változások kapcsán több hazai kutatás foglalkozott azzal, hogy miként hat a légköri ülepedés a faállományok tápanyagkörforgalmára. Megfigyelték, hogy a légszennyezés hatására a fák tövében a talaj elsavanyodhat (Somogyi 1992) és a kémiai elemek koncentrációja jelentősen eltér a törzsközeli és attól távolabbi helyekről begyűjtött talajmintákban (Turcsányi et al. 1996). Horváth és munkatársai (2006) egy hazai tölgyes és lucos állományban határozták meg a havonta lerakódó nitrogén mennyiségét. Több szerző (Führer és Horváth 1992; Führer et al. 1994; Horváth et al. 1993, 2001; Kovács és Horváth 2004) a savas, ill. a kén ülepedés nagyságára vonatkozóan közölnek adatokat erdei ökoszisztémák esetében. Mások pedig behatóan foglalkoztak azzal, hogy a környezeti tényezők változásának milyen hatása van a talajokra (Járó és Führer 1987; Bidló és Horváth 2018), és az erdők egészségi állapotára (Führer 1989, 1992b, 1995b; Bartha et al. 1994).

Szervesanyag (avar és humusz) készlet és lebomlása

Bidló András és Führer Ernő

A faállományok tápelemellátottságában alapvető szerepe van a talajon felhalmozódó avartakarónak, illetve a talajban található szerves anyagnak (humusznak). A hazai erdészeti szakirodalom alapján elmondható, hogy ezek fontosságát már korán felismerték a szakemberek. Mikó (1868) leírja, hogy milyen nagy jelentősége van az alomtakarónak a talaj tápanyag- és vízháztartása szempontjából, bemutatja, hogy milyen károkat okozhat a rendszeres avargyűjtés. Illés Nándor (1869) hosszan érvelt az avar mezőgazdasági felhasználása ellen, kiemelve, hogy az avar használat mily mértékben elszegényíti az erdők talaját. Német példák alapján adatokat ad meg a tölgy és a bükk lomb tápanyagtartalmáról. Polgárdi (1908) pedig egy könyvismertetés részeként már utal az alom lebomlását befolyásoló tényezőkre.

Járó (1958, 1959) részletes áttekintést ad az erdei alom jelentőségéről, ismerteti néhány hazai faállomány alomtakarójának mennyiségét, továbbá nitrogén, foszfor és kálium tartalmát. Megállapítja, hogy tölgyesek esetén a nagyobb alommennyiség bomlása lassú, 2–2,5 év. A bükk alomja pedig, bár kisebb mennyiségű, de igen kemény, jelentős kovasavtartalommal, amely ezért csak nehezen bontható az avarlakó élőlények számára, és így a bükkösökben vastag avartakaró halmozódik fel. Az avarmennyiséggel kapcsolat-

ban fontos megállapítása, hogy bükk esetén az évi alommennyiség tömege azonos az évi átlagnövedékével. E cikkre reagálva Varga (1962) részletesen bemutatja, mely szervezetek vesznek részt az alomtakaró lebontásában, és ezek munkáját milyen környezeti tényezők határozzák meg. Járó (1963) 19 faállomány alatt szedett avarminták alapján megállapította, hogy a leggyorsabb avarlebomlás a középkorú akácosban volt. Az erdeifenyvesek a bomlási sor közepén helyezkedtek el. Leglassúbb bomlás a bükkös esetén volt. Az azonos termőhelyű állomány alatti minták bomlása közötti különbséget a nitrogéntartalommal magyarázza. Járó (1968) azt is megállapította, hogy a kőszegi filliten telepített lucfenyő a savanyú barna erdőtalaj 0,4 pH-nyi savanyodását okozta. Elegyetlen fenyvesek alatt az avartakaró felhalmozódása elérheti az 50–60 ezer kg-ot is hektáronként. Kolozsár (1978) az erdei humusz minőségének időbeli változását vizsgálta, amit összekötött az erdőfejlődés egyes szakaszaival. Szodfridt és munkatársai (1993) tankönyvükben részletesen tárgyalják a talaj szerves anyagát, illetve ennek jelentőségét. A humuszanyagok osztályozását, illetve képződését a talajtanban megszokott általános elvek alapján mutatják be. Külön rész foglalkozik a lehullott avarral, mint az erdő szervesanyag-utánpótlásának egyik fontos tényezőjével. Hazai és külföldi irodalmak alapján mutatja be az avarmennyiségét befolyásoló tényezőket (pl. fafaj, állomány kora, elegyesség, záródás), illetve a lebomlást meghatározó folyamatokat. Traser (1996) részletesen ismerteti azon biológiai folyamatokat, amelyek az erdei ökoszisztémában keletkező szerves anyag (így pl. avar) lebontását meghatározzák.

Az avartakaróval kapcsolatos eredmények közül külön kell tárgyalnunk a vízgazdálkodásra vonatkozó kutatásokat. Ijjász Ervin (1936) az avartakaró szerepét vizsgálta az erdő vízháztartásában oly módon, hogy talajnedvesség-mérőkkel az avar által megkötött vízmennyiségeket dokumentálta. A kutatásba luc, bükk és erdeifenyő állományokat vont be. Adatokat közöl a „nyersalomtakaró” három rétege (alom-, moder- és érett televényréteg) által megkötött vízmennyiségek arányáról, azoknak a különböző állományokban mért értékeiről. Megadja az avar által tárolt vízmennyiségeket, megállapítja, hogy az alomtakaró víztartalma ugyan a lehullott csapadék függvénye, mennyiségi változása azonban nincs ezzel egyenes arányban, hanem szakaszos menetű. Járó (1959) az avarról szóló részletes cikkében kiemeli, hogy az avar bomlástermékekével, a humuszgyarapodással a talaj vízgazdálkodását javítja. Szőnyi az erdei avar víztartókéességét (Szőnyi 1967a), illetve ennek talajvédelmi jelentőségét emeli ki (Szőnyi 1967b). Dózsa (1977) jelzi, hogy milyen nagy jelentősége van az avar víztároló képességének a Duna–Tisza közti homokhát fenyveseiben. Führer (1992, 1994) kis liziméterekkel nyári és téli félévre megosztva határozta meg az avarintercepciót, és megállapította, hogy annak nagysága az erdők vízforgalmában nem elhanyagolható tételt képvisel. Gácsi (2000) pedig egy alföldi erdő modellezése során számította ki az avar víztartó-képességét. Az avar mennyiségének meghatározása mellett mások (Cseresznyés et. al. 2007; Sass et. al. 2021) is vizsgálták az avar víztartalmát, amiből következtetést vontak le az állományok vízkörforgalmára vonatkozóan. Zagyvainé Kiss és munkatársai (2013, 2019) pedig részletesen vizsgálták az avarnak a csapadék intercepcióban játszott szerepét.

Az erdei avarral kapcsolatos kutatások közül ki kell emelni a közel 50 éve folyó „Sík-főkút projektet” (Jakucs 1973, 1984), amely eredményeinek egy része az avar produkciójára és lebomlására vonatkozik. Tóth et. al. 1985-ben meghatározták különböző fafajok (kocsánytalan tölgy, csertölgy, húsos som, mezei juhar) avarprodukcóját, illetve ennek szezonális változását. A 2000-es évek elején a síkfőkúti cseres-tölgyes állományban egy avarmanipulációs kísérletet kezdtek, amely eredményéről több publikációban számoltak be. Megállapították, hogy azon talajok, ahol az avar eltávolították, jobban felmelegszene és intenzívebbek a lebontási folyamatok (Kotroczó et al. 2009). Érdekes megemlíteni, hogy a fenti megállapításokhoz hasonlóak már 1889-ben szerepeltek az Erdészeti Lapokban egy német kísérletre hivatkozva (Anonymus 1889). A vizsgálatok során megállapították azt is, hogy miként változik meg az avar mennyisége a klímaváltozás hatására (Tóth et al. 2007), illetve miként változnak a lebomlási folyamatok (Krakomperger et al. 2008, Kotroczó et al. 2008b), valamint a talaj szerves anyagának mennyiségi értékei (Varga et al. 2008, Kotroczó et al. 2008a). Az avarmanipulációs kísérlet eredményeit a további években is rendszeresen közzétették (Kotroczó et al. 2017).

Az utóbbi évtizedben többen vizsgálták az erdőgazdálkodás hatását az avar mennyiségére (Bidló és Ódor 2015; Sass et al. 2020), illetve az avarban tárolt szerves szén mennyiségének jelentőségét (Bidló et al. 2014). Jagodics és munkatársai (2019) megvizsgálták az egyik fontos erdőművelési beavatkozásnak, a növedékfokozó gyéritésnek az avar- és humuszszintre gyakorolt hatását az ország különböző tájain előforduló célállományokban (bükkös, gyertyános tölgyes, kocsánytalan tölgyes, kocsányos tölgyes és cseres). Az eddigi mérési eredmények alapján a szakszerűen elvégzett erdőművelési beavatkozás (gyérités) a faállományok avar- és humuszmenyiségét nem befolyásolják, azaz nincsen szignifikáns különbség a kontroll (kezeletlen) és a gyéritett (kezelt) parcellák avar- és humusztömege, továbbá tápelemkészlete (C, N, P, Ca, K, Mg) között.

A soproni talajbiológiai iskola

Bidló András és Heil Bálint

A hazai erdészeti talajtani kutatás történetében meghatározó jelentőségű a soproni talajbiológiai iskola, illetve az azt megeremtő Fehér Dániel munkássága. Fehér 1912-ben Selmechányán szerzett erdőmérnöki oklevelet, majd a berlini és a bécsi egyetemen végzett kutatásait és tanulmányait követően kutató és oktató munkáját 1918-ban Selmechányán, majd Sopronban folytatta. Vági Istvánnal együtt elsőként végzett vizsgálatokat nemcsak az erdei talajok kémiai összetételére, hanem az erdőtalaj gomba-, moszat- és baktériumflórájára vonatkozóan is. Fehér kutatásai egyik legfontosabb eredményének az ún. R-törvényt tartotta, mely szerint a talajélet aktivitását a talaj vízkapacitás telítettsége és a hőmérséklet együttesen szabályozzák, optimumhatárokon belül. Ezek az optimumhatárok az egyes mikroszervezetekre állandó értékek.

Bebizonyította a törvény érvényességét a nitrifikáló, a denitrifikáló és a nitrogénkötő baktériumok mennyiségére és az erdőtalaj összes nitrogéntartalmának alakulására is



Fehér Dániel (1890–1955) professzor munkatársaival a Növénytani Intézet Talajbiológiai Laboratóriumában. Balról Bokor Rezső, az Erdészeti Kísérleti Állomás későbbi igazgatója és Varga Lajos talajzoológus (a Növénytani Tanszék archívumából)

(Fehér 1934). Vági Istvánal közösen megállapította, hogy az erdőtalajban a kálium és a foszfor oldható sói az életjelenségek befolyására időszakos változásoknak vannak alávetve, összefüggésben az R-törvénnyel (Vági 1939, 1940).

Emellett Fehér intenzíven foglalkozott az erdő szénkörforgalmával, különösen a talaj respirációval, és kifejlesztett egy új módszert a CO₂ felszabadulás mérésére is (Fehér 1927). Szabatos összefü-

géseket állapított meg a mikroszervezetek száma és a talajlégzés, annak hullámozása és a humusztartalom között. Az erdőtalajban felhalmozódó szerves szén, ill. humuszképződés, valamint a talajlégzés folyamatairól elsőként publikált az erdészeti irodalomban (Fehér 1942). Kutatásai az erdőművelési beavatkozások, a tarvágás és a felújítási módszerek hatásáról az erdőtalaj biológiai összetevőire úttörő felismeréseket hoztak (Fehér 1932).

Talajbiológiai kutatásait jórészt extrém termőhelyi feltételek között végezte, hazánkban pl. alföldi homokokon (Fehér és Bokor 1933) és szikes talajokon (Fehér 1931), de Észak-Skandináviában is. Eredményei nemzetközi figyelmet keltettek. Ennek tulajdonítható meghívása az 1936-os francia-magyar Szahara-expedícióba. Az Algíri Egyetem professzorával, Ch. Killiannal közösen szervezte meg az észak-afrikai talajbiológiai tudományos expedíciót. Feltárták, hogy a Szahara homokjában is élnek talajmikroorganizmusok, főleg szárazságtűrő sugárgombák (Gyurkó 2008). A Szahara-utazások eredményei előbb Párizsban (Fehér 1939), majd Magyarországon (német nyelven) jelentek meg (Fehér 1943). A talaj mikroflóra földrajzi és klimatikus változatosságát tanulmányozva megállapította, hogy a talajélet időszaki változásai az egyes klímák szerinti évszaki változásokkal hozhatók összefüggésbe (Fehér 1948).

A világháborús években soproni munkájával egyidejűleg talaj-mikrobiológiai szak tudását a mezőgazdaságban is igénybevették, kutatásai a talajművelés mikrobiológiai hatásaira, valamint a mezőgazdasági növények szénforgalmára, ill. humusz-felhalmozására terjedtek ki. 1938–1944 között Manninger G. Adolffal együtt szervezte meg és irányította a Tolna megyében működő fürgei talajbiológiai laboratóriumot. Közreműködött a Kisújszállási növény- és talajlélettani kísérleti állomás üzembe állításában is. Az 1930-as évektől kezdve széles körű ismereteit fontos monográfiákban fektette le. Így 1933-ban németül jelentette meg az Erdőtalajok mikrobiológiáját (Fehér 1933), amelyet

hazai szakkönyvek sora követett (Fehér 1944, 1953). Az Akadémiai Kiadó felkérésére írt talajbiológiai főműve jelentős elismerést kapott, egyedülálló munka (Fehér et al. 1954).

Fehér Dániel tevékenységének, szervezőképességének köszönhetően a soproni Növény-tani Tanszék az ország egyik legjobban felszerelt, anatómiai, élettani, talajbiológiai és fizikai laboratóriumokkal ellátott intézete lett (Gyurkó 2008). A nem orvosi, ill. állatorvosi mikrobiológiai kutatások hazai kiemelkedő alakjaként, az 1951-ben megalakult Magyar Mikrobiológiai Társaságnak Fehér kezdettől fogva vezetőségi tagja volt. Nem véletlenül, az MTA Talajbiológiai Kutató Laboratóriuma Fehér Dániel mikrobiológus és Varga Lajos talajzoológus professzorok vezetésével 1952-ben a soproni Erdőmérnöki Főiskolán alakult meg, amelyet Fehér 1955-ben bekövetkezett haláláig vezetett. A történeti hűség kedvéért itt kell megemlíteni, hogy az Erdőmérnöki Karon 1951-ben végrehajtott tömeges politikai tisztogatások során nemcsak számos hallgatót zártak ki, hanem Fehér Dánielt is elbocsátották. Fehér és munkatársai megmentésére alapította meg az MTA a soproni laboratóriumot (Gencsi 2008).

Halála után munkatársai és tanítványai (Bokor Rezső, Manninger Ernő, Gyurkó Pál, Kecskés Mihály, Szabó István Mihály és sokan mások) folytatták kutató munkáját. 1958-ban a Termőhelyismerettan Tanszék élére a Moszkvában agrár-mikrobiológiai tudományos fokozatot szerzett Pántos Györgyöt nevezték ki, aki inkább a mezőgazdasági növények rizoszférájában élő baktériumokkal foglalkozott (Pántos 1959). Pántos átvette a Kutató Laboratóriumot és tanszékére költöztetette. Az általa vezetett tanszék részt vett az erdősítések és a mezővédő erdősávok tervezésében, illetve talajtérképezési munkákban, de munkatársai erőfeszítései dacára, a Talajbiológiai Kutató Laboratórium saját témájában lényeges előrehaladást nem tudott felmutatni, és nemzetközi elismertségét sem tudta fenntartani (ebben az adott korszak nehézségei is szerepet játszhattak). 1992-ben a kutatócsoportot az MTA megszüntette.

Talajfaunisztikai vizsgálatok

Winkler Dániel

Az egészséges talajélet nélkülözhetetlen feltétele a talajfauna, köztük számos lebontó szervezet jelenléte. Ezek a lebontó szervezetek – melyek erdészeti vonatkozása is jelentős – változatos taxonokat képviselnek, amelyekhez számos taxonómiai, ökológiai és élettani kutatás kapcsolódik.

A talajlakó makrofauna közsímet képviselői a gyűrűsférgék (Annelida). A csoport kiváló hazai kutatója Csuzdi Csaba, akinek ökológiai, biogeográfiai és taxonómiai munkái nemcsak hazánk területére szorítkoznak, a világ számos területén végzett – többek között erdészeti vonatkozású – vizsgálatokat. Munkatársaival félig lombhullató erdőkben vizsgálta a gyűrűsférgék indikátor szerepét az élőhelyátalakítás- és degradáció vonatkozásában (Tondoh et al. 2007), valamint kísérletes úton egyes gyűrűsféreg-fajok táplálék-választását lombhullató fafajaink (bükk, gyertyán, cser, kocsányos és kocsánytalan tölgy) avarjának felhasználásával (Szlavec et al. 2018).

A talaj makrofaunához sorolhatók még az ikerszelvényesek (Diplopoda), a lomblevelű erdők egyik legfontosabb avarlebontó szervezetei. Székelyhidy és Loksa (1979) a Síkfőkút projekt komplex bioszféra-kutatás keretében végeztek talajfaunisztikai kutatást cseres-kocsánytalan tölgyesekben, ahol – más csoportok mellett – az ikerszelvényesek faunisztikai és mennyiségi viszonyait is vizsgálták.

A szárazföldi ászkarákok fontos szerepet játszanak a szerves anyag lebontásával, felarabolásával. Kontschán (1999) telepített feketefenyvesek ászkafaunáját vizsgálta, ahol meglehetősen fajszegény közösségeket mutatott ki. Otártics et al. (2014) telepített tölgyesek, akácok és fenyvesek összehasonlító vizsgálatát végezték el az avarlakó ászkarákok alapján. A különböző erdőállományok avarlakó ászka-együtteseinek fajkészlete és közösségi struktúrája között nem találtak lényeges különbséget.

Az atkák többsége tipikus erdőlakó, közülük a páncélos atkák talajbiológiai jelentősége igen nagy, magas egyedszámuk révén kiemelkedő szerepet játszanak a lebontásban. Szemereyné (2004) hazai, savanyú talajú bükkösökben vizsgálta a meszezés hatását a talajlakó lebontó atkákra. Megállapította, hogy bár a meliorációs célú meszezés kedvező hatású volt több talajparaméterre is, az a páncélosatkák – mint fontos szervesanyag-lebontó talajlakó szervezetek – egyedszámának tartós csökkenése miatt csak nagyon savanyú, leromlott talajok esetében tartható indokoltnak.

A mezofauna képviselői közül kétség kívül az ugróvillások (Collembola) a legismertebb és legkutatottabb csoport. A magyarországi ugróvillás-kutatás fénykora Loksa Imre munkásságával kezdődött, hazánk számos tájegységén (Bakony, Belső-Somogy, Bükk) végzett faunisztikai feltáró munkát (Loksa 1956; Loksa és Rubio 1966; Loksa 1978), számos tudományra nézve új faj leírása fűződik a nevéhez. Erdészeti vonatkozásban különösen kiemelkedő a karsztbokorerdővel kapcsolatos átfogó ökológiai vizsgálatosorozata (Loksa 1966). Traser György szintén kiemelkedő alakja az ugróvillás-kutatásnak, taxonómiai és ökológiai vizsgálatai javarészt erdei élőhelyekhez kötődnek. Őshonos társulások és kultúrerdők közösségeit egyaránt feltárta (Traser 1980, 1997, 2002; Traser és Csóka 2001). Vizsgálta egyes talajinszekticidek hatását az erdei ugróvillás-közösségekre (Traser 1981). A vegyszerezés hatását jól jelezte az ugróvillások egyedszámának nagymértvű csökkenése (különösen a tarvágással érintett területeken), viszont az egyes fajok érzékenysége között jelentős különbségek voltak tapasztalhatók. Winkler és Tóth (2012) fenyvesítés hatását értékelték a talajfaunára nézve, míg Palkó és munkatársai (2020) homoki tölgyesek és a helyükre telepített idegenhonos ültetvények összehasonlító talajfaunisztikai vizsgálatát végezték el. Mindkét vizsgálat eredménye alátámasztotta, hogy az egyes talajparaméterekben bekövetkezett talajkémiai változások révén az idegenhonos feketefenyő, valamint akác ültetvényszerű állományainak talajlakó faunája is jelentősen fajszegényebb, mint az őshonos fajok alkotta állományoké. Harta et al. (2021) felhagyott szántón telepített akác- és kocsánytalan tölgy-állományok ugróvillás-szukceszzióját követték nyomon. Az intenzív szántóterületek újraerdősítésének pozitív hatása megmutatkozott a talajfauna eredményekben is: húsz év elteltével mind az akác, mind a kocsánytalan tölgy ültetvényekben szignifikánsan magasabb Collembola diverzitás volt kimutatható.

Irodalom

- Anonymus 1889: Az alomtakaró nedvességi- és hőviszonyai. Erdészeti Lapok 28(8–9): 674–675.
- Baintner K. és Stollmayerné Boncz E. 1958: Néhány falomb tápláléértékének és ásványi anyag-tartalmának változása májustól szeptemberig. Állattenyésztés 7: 253–264.
- Bartha D., Bidló A. és Kovács G. 1994: Degradáltságvizsgálatok a Kőszegi-hegységben. In: Bartha D. (szerk.): A Kőszegi-hegység vegetációja. Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron, 183–196. o.
- Baule H. 1983: Faállományok pusztulása és a tápanyagellátás. Erdészeti Lapok 32(12): 563–564.
- Bencze L. 1962: Egyes hazai erdőtípusok vadgazdálkodási vonatkozásai. Erdészeti Kutatások 58: 85–102.
- Bidló A. és Horváth A. 2018: A talajok szerepe a klímaváltozásban. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 57–71.
- Bidló A. és Kovács G. 1995: Vergleichende Untersuchungen von Nährstoffgehalten der Blätter einiger Buchenherkünfte. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftökologie 30(1): 30–31.
- Bidló A. és Kovács G. 1997: Erdei ökoszisztémák elemfoglalma. In: Mátyás Cs.: Erdészeti ökológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 160–170. o.
- Bidló A. és Kovács G. 2001: A bibircses nyír (*Betula pendula*) termőhelyi igénye. Erdészeti Lapok 136(3): 88–91.
- Bidló A. és Ódor P. 2015: Eredmények és megvitatás: A faállomány és a talaj-avar változók összefüggései. In: Ódor P. (szerk.): A biodiverzitást meghatározó környezeti változók vizsgálata az őrségi erdőkben. MTA Ökológiai Kutatóközpont, Tihany, 26–27. o.
- Bidló A., Heil B. és Kovács G. 2002: Molyhos tölgy (*Quercus pubescens*) termőhelyi igénye (folytatás). Erdészeti Lapok 137(3): 89–90.
- Bidló A., Heil B. és Kovács G. 2003: A hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus*) termőhelyi igénye. Erdészeti Lapok 138(4): 98–99.
- Bidló A., Kovács G. és Nyári L. 1997: Csemetekerti talajok tápanyag-ellátottságának vizsgálata. Erdészeti Lapok 132(1): 15–17.
- Bidló A., Kovács G. és Nyári L. 1999: Kalibrációs kísérlet akáccsemetékkel a Bakonytamási Csemetekertben. Erdészeti Lapok 134(6): 190–191.
- Bidló A., Szűcs P., Horváth A., Király É., Németh E. és Somogyi Z. 2014: Telepített kocsánytalan tölgy és akác fiatalosok hatása a talaj szénkészletére néhány dunántúli erdőtelepítés példáján. Erdészettudományi Közlemények 4(2): 121–133.
- Cserecsnyés I. és Csontos P. 2007: A feketefenyvesek szárazsági viszonyainak változása. In: Csontos P. (szerk.): Feketefenyvesek ökológiai kutatása. Scientia Kiadó, Budapest.
- Dózsa J. 1977: Vízmérleg felállítása a Duna–Tisza közti homokhát fenyőfiatalosaiban. Erdészeti Lapok 112(10): 475–478.
- Dudich E., Balogh J. és Loksa I. 1952: Produktionsbiologische Untersuchungen über die Arthropoden der Waldböden. Acta Biologica Hungarica 3: 295–317.
- Erdődi A. 1863: A termőhelynek a fanövesztésre való befolyásáról. Erdészeti Lapok 2(9): 330–335.
- Fehér D. és Bokor R. 1930: Vizsgálatok az alföldi homokos erdőtalajok biológiai tevékenységéről. Erdészeti Kísérletek 32(3–4): 505–529., 567–579.
- Fehér D. 1927: Egy új eljárás az erdei talaj CO₂ lélegzésének a mérésére. Erdészeti Kísérletek 29(3–4): 160–170., 237–248.
- Fehér D. 1931: A szikfásítás talajbiológiai problémái. Erdészeti Lapok 70: 993–1005., 1066–1074.

- Fehér D. 1932: A modern erdőművelés talajbiológiai problémái. *Erdészeti Lapok* 71(9): 831–849.
- Fehér D. 1933: Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens. Julius Springer Verlag, Berlin, 272 o.
- Fehér D. 1934: Vizsgálatok az erdőtalaj nitrogéngazdálkodásáról. *Erdészeti Kísérletek* 36(3–4): 233–263.
- Fehér D. 1942: Vizsgálatok az erdő szénsav-táplálkozásáról. *Erdészeti Kísérletek* 44(1–4): 166–216.
- Fehér D. 1943: Der Wüstenboden als Lebensraum. Bericht der französisch-ungarischen Sahara-Expedition im Jahre 1936. *Erdészeti Kísérletek* 45(1–4): 213–340.
- Fehér D. 1944: Talajbiológiai módszerek. In: Ballenegger R. és Mados L.: Talajvizsgálati módszerkönyv. Földtani Intézet, Budapest, 153–211. o.
- Fehér D. 1948: Researches on the geographical distribution of soil microflora (Part II.). *Erdészeti Kísérletek* 48(3–4): 57–93.
- Fehér D. 1953: A talajlakó baktériumok és gombák vizsgálatára alkalmas módszerek. In: Ballenegger R.: Talajvizsgálati módszerkönyv. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 271–352. o.
- Fehér D. 1955: Az akáckérdés. *Az Erdő* 4(3): 83–91.
- Fehér D. és Killian Ch. 1939: Recherches sur la microbiologie des sols désertiques. Extrait Ann. Inst. Pasteur, Paris, 1935: 55–573.
- Fehér D., Varga L. és Hank O. 1954: Talajbiológia. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1263 o.
- Fekete I., Berki I., Béni Á., Balláné Kovács A., Madarász B., Várbíró G., Makádi M., Demeter I. és Juhos K. 2020: Magyarországi zonális tölgyerdők talajainak szén tartalma eltérő éves csapadék értékek mellett. *Talajvédelem 2020*(különszám): 176–190.
- Fekete I., Berki I., Lajtha K., Trumbore S., Várbíró G., Béni Á., Makádi M., Demeter I., Madarász B., Juhos K. és Kotroczó Zs. 2021: How will a drier climate change carbon sequestration in soils of the deciduous forests of Central Europe? *Biogeochemistry* 152: 13–32.
- Fekete L. 1881: A lúcz és jegenyefenyő igényeit összehasonlító vizsgálatok ásványi tápanyagok tekintetében. *Erdészeti Lapok* 20(2): 97–103.
- Führer E. és Jagodics A. 2009: A klímajelző fajfajú állományok szénkészlete. „Klíma-21” Füzetek 57: 43–55.
- Führer E. és Mátyás Cs. 2005: A klímaváltozás hatása a hazai erdők szénmegkötő képességére és stabilitására. *Magyar Tudomány* 166(7): 837–841.
- Führer E. és Molnár S. 2003: A magyarországi erdők élőfakészletében tárolt szén mennyisége. *Faipar* 51(2): 16–19.
- Führer E. 1989: Savas eső és a hazai erdők egészségi állapota. *Az Erdő* 38(8): 343–345.
- Führer E. 1992: Intercepció meghatározása bükk, kocsánytalan tölgy és lucfenyő erdőben. *Vízügyi Közlemények* 74(3): 281–296.
- Führer E. 1992a: Niederschlagsdeposition in Waldökosystemen Ungarns. *Allgemeine Forstzeitschrift* 12: 675–676.
- Führer E. 1992b: Der Zusammenhang zwischen der Dürre und der Erkrankung der Traubeneichenbestände in Ungarn. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 111(2): 129–136.
- Führer E. 1994: Csapadékmérések bükkös, kocsánytalan tölgyes és lucfenyves ökoszisztémában. *Erdészeti Kutatások* 84: 11–35.
- Führer E. 1995a: Csapadékvízben oldott tápanyagbevitel bükkös, kocsánytalan tölgyes és lucfenyves ökoszisztémában. *Erdészeti Kutatások* 85: 9–34.
- Führer E. 1995b: Az időjárás változásának hatása az erdők fatermőképességére és egészségi állapotára. *Erdészeti Lapok* 130(6): 176–178.

- Führer E., Baranka Gy. és Horváth L. 1994: Ökológiai bázisterületeken mért légszennyeződé-
s nagysága és változása. *Erdészeti Lapok* 129(6): 174–175.
- Führer E., Czupy Gy., Kocsisné Antal J. és Jagodics A. 2011: Gyökérvizsgálatok bükkös, gyer-
tyános-kocsányos tölgyes és cseres faállományban. *Agrokémia és Talajtan* 60(1): 103–118.
- Führer E., Csiha I., Szabados I., Pödör Z. és Jagodics A. 2014: Egy cseres faállomány föld fe-
letti és föld alatti szerves-anyagának meghatározása. *Erdészettudományi Közlemények* 4(2):
109–119.
- Führer E. és Horváth L. 1992: Saure deposition in Ungarn. *Agrokémia és Talajtan* 41: 90–94.
- Gácsi Zs. 2000: A talajvízszint észlelés, mint hagyományos, és a vízforgalmi modellezés, mint
új módszer alföldi erdeink vízháztartásának vizsgálatában. Doktori (PhD) értekezés, Nyu-
gat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 134 o.
- Gencsi L. 2008: Visszaemlékezéseim a Növényteni Tanszéken eltöltött évtizedekről. *Erdészettör-
téneti Közlemények* 75: 67–84.
- Gyarmatiné Proszts S. 1978: A trágyázás. In: Keresztesi B. és Solymos R. (szerk.): A fenyők term-
esztése és a fenyőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Gyarmatiné Proszts S. 1981: Műtrágyázott nyárasok anyagforgalma. *Erdészeti Kutatások* 74: 27–37.
- Gyurkó P. 2008: Visszaemlékezés a Budapesti József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi
Egyetem Soproni Bánya-, Kohó- és Erdőmérnöki Karának Növényteni Intézetére. *Erdészettör-
téneti Közlemények* 75: 62–66.
- Harta I., Winkler D. és Füleky Gy. 2018: Újraerdősítés hatása a talajlakó mezofaunára (Collem-
bola) egykori szántóföldi műtrágyázási tartamkísérleti területen. *Erdészettudományi Közle-
mények* 8(2): 83–97.
- Horváth L., Baranka Gy. és Führer E. 1993: Decreasing of air pollutants and the rate of dry and
wet acidic deposition et the three forestry monitoring stations in Hungary. *Időjárás* 97(3):
179–186.
- Horváth L., Führer E. és Lajtha K. 2006: Nitric oxide and nitrous oxide emission from Hunga-
rian forest soils; linked with atmospheric N-deposition. *Atmospheric Environment* 40(12):
7786–7795.
- Horváth L., Mészáros R., Pinto J. P. és Weidinger T. 2001: Estimate of the dry deposition of
atmospheric nitrogen and sulfur species to spruce forest. In: Midgley P. M., Reuther M.
és Williams M. (szerk.): *Proceedings of EUROTRAC Symposium 2000 Garmisch-Parten-
kirchen, Germany, 27–31 March 2000*, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Ijjász E. 1936: A nyersalomtakaró szerepe az erdők vízháztartásában. *Hidrológiai Közlöny* 16:
72–101.
- Illés N. 1869: Az erdei alomról. *Erdészeti Lapok* 8(1): 33–35.
- Jagodics A., Nagy-Khell M. és Führer E. 2019: Gyéritések hatása az erdei avar és humusz meny-
nyiségére. Alföldi Erdőkért Egyesület, Kutatói Nap, 14–30. o.
- Jakucs P. 1973: „Síkfőkút Project”. Egy tölgyes ökoszisztéma környezetbiológiai kutatása a bi-
oszféra-program keretén belül. *MTA Biol. Oszt. Közl.* 16: 11–25.
- Jakucs P. 1984: Ökológiai kutatások a BNP erdőiben. *Az Erdő* 33(6): 257–260.
- Járó Z. és Führer E. 1987: A környezeti változások és a tölgypusztulás. *Az Erdő* 36(7): 319–321.
- Járó Z. 1958: Alommennyiségek a magyar erdők egyes típusaiban. *Erdészettudományi Közlemé-
nyek* 1: 151–162.
- Járó Z. 1959: Az erdei alom. *Az Erdő* 8(8): 302–307.
- Járó Z. 1963: A lomb bomlása különböző állományok alatt. *Erdészeti Kutatások* 59(1–2): 95–104.

- Járó Z. 1966: A termőhely. In: Babos I., Horváthné Proszk S., Járó Z., Király L., Szodfridt I. és Tóth B.: Erdészeti termőhelyfeltárás és térképezés. Akadémiai Kiadó, Budapest, 493 o.
- Járó Z. 1966: Tápanyaghiány-vizsgálatok és a trágyázási kísérletek eddigi eredményei. *Az Erdő* 15(8): 350–354.
- Járó Z. 1968: A gyorsannövő fenyők termesztésének lehetőségei hazánkban. *Erdészeti Lapok* 113(2): 49–52.
- Járó Z. 1978: „Erdei környezet és fatermesztés” az Erdészeti és Faipari Tudományos ülésen. *A Erdő* 27(9): 385–386.
- Járó Z. 1979: A kultúrerdők ökoszisztéma-vizsgálata. Monográfia. MTA Veszprémi Akadémiai Bizottság Kiadványai 5(1): 40–45.
- Járó Z. 1990: A bükkösök szerves- és tápanyagforgalma. *Erdészeti Kutatások* 80–81: 83–98.
- Járó Z. 1991: Lomberdők gyökérrendszere és gyökértömege. *Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények* 1: 5–22.
- Járó Z. és Horváth E.-né 1958: Egyes tápanyagok mennyiségének időszaki változásai erdei fáink leveleiben. *Erdészeti Kutatások* 5: 153–179.
- Járó Z. és Horváth E.-né 1959: Tápanyagforgalom a magyar erdők egyes típusaiban. *Erdészeti Kutatások* 6: 231–246.
- Járó Z. és Horváth E.-né 1961: Az alom kalciumtartalma és jelentősége. *Erdészeti Kutatások* 8: 93–103.
- Koloszár J. 1978: Az erdei humusz minőségi változásának vizsgálata az erdőfejlődés egyes szakaszaiban a szentgyörgyvölgyi szálalóerdő területén. *Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei* 1978: 61–67.
- Kontschán J. 1999: Két bakonyi telepített fenyves ászka együtteseinek (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) összehasonlító vizsgálata. *Folia Musei Historico Naturalis Bakonyiensis* 18: 7–10.
- Kotroczó Zs., Biró B., Kocsis T., Veres Zs., Tóth A. és Fekete I. 2017: Hosszú távú szerves anyag manipuláció hatása a talaj biológiai aktivitására. *Talajvédelem (Különszám)*: 73–83.
- Kotroczó Zs., Fekete I., Tóth J. A., Tóthmérész B. és Balázsy S. 2008b: Effect of leaf- and root-litter manipulation for carbon-dioxide efflux in forest soil. *Cer. Res. Comm. Suppl.* 36: 663–666.
- Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Veres Zs., Vasenszki T., L. Halász J., Koncz G., Papp M. és Tóth J. A. 2009: Talajlégzés vizsgálatok tartamhatású avarmanipulációs modellkísérletben. *Természetvédelmi Közlemények* 15: 328–337.
- Kotroczó Zs., L. Halász J., Krakomperger Zs., Fekete I., D. Tóth M., Vincze Gy., Varga Cs., Balázsy S. és Tóth J. A. 2008a: Erdőtalan szerves-anyag mennyiségének változása avarmanipulációs kísérletek hatására. *Talajvédelem (Különszám)*: 431–440.
- Kovács E. A. és Horváth L. 2004: Determination of sulfur balance between the atmosphere and a Norway spruce forest ecosystem: comparison of gradient dry+wet and throughfall deposition measurements. *Journal of Atmospheric Chemistry* 48: 235–240.
- Kovács G. és Bidló A. 1998: Plant Investigations in the IUFRO Norway Spruce Provenance Experiments. *Agrokémia és Talajtan* 47(1–4): 305–316.
- Kovács G. 1992: Egyes lucfenyő-származások tápanyagtartalmának vizsgálata a gyöngyössolymosi IUFRO származási kísérletben. *Erdészeti Lapok* 127(6): 179.
- Krakomperger Zs., Tóth J. A., Varga Cs. és Tóthmérész B. 2008: The effect of litter input on soil enzyme activity in an oak forest. *Cer. Res. Comm. Suppl.* 36: 323–326.
- Loksa I. és Rubio I. 1966: Angaben zu den Kenntnissen über die Collembolenfauna des Bakony Gebirges. *Opuscula Zoologica* 6(1): 139–156.

- Loksa I. 1956: Zoologische Untersuchungen von Kollembolen im Bükkgebirge. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 2(4): 379–419.
- Loksa I. 1966: Die bodenzoozöologische Verhältnisse der Flaumeichen–Buschwälder Südostmitteleuropas. Akadémiai Kiadó, Budapest, 437 o.
- Loksa I. 1978: Die Collembolen-Fauna der Urwacholder aus der Umgebung von Barcs. *Dunántúli Dolgozatok, Természettudományi Sorozat* 1: 51–64.
- Mátyás Cs. 1997: Erdészeti ökológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 312 o.
- Mikó B. 1868: A levélalom értéke a mező- és erdőgazdára nézve. *Erdészeti Lapok* 7(4–5): 217–222.
- Otártics M. Zs., Juhász N., Űst N. és Farkas S. 2014: Egy heterogén erdőállomány avarlakó szárazföldi ászkarák-közösségeinek (Isopoda: Oniscidea) összehasonlítása. *Natura Somogyiensis* 24: 61–70.
- Palkó Á., Ónodi G., Rédei T. és Winkler D. 2020: Talajfaunisztikai- és ökológiai vizsgálatok alföldi reliktum homoki tölgyesekben és a helyükön létesített idegenhonos faállományokban. *Erdészettudományi Közlemények* 10(2): 125–139.
- Pántos Gy. 1959: A növények és a rhizoszférajukban élő mikroorganizmusok kölcsönös kapcsolatának néhány kérdése. A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Osztályának Közleményei 16(1): 1–17.
- Polgárdi B. 1908: Könyvismertetés. Dr. Adolf Cieslar: Einiges über die Rolle des Lichtes im Walde. *Erdészeti Lapok* 47(15): 795–799.
- Sass V., Ódor P. és Bidló A. 2020: Különböző erdészeti beavatkozások hatása egy gyertyános-tölgyes avartakarójára. *Erdészettudományi Közlemények* 10(2): 69–82.
- Somogyi Z. 1992: Talajsavanyodás bükkfák töve körül. *Erdészeti Lapok* 127(6): 177–178.
- Somogyi Z. 2016: Projected effects of climate change on the carbon stocks of european beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in Zala County, Hungary. *Lesnicky Casopis – Forestry Journal* 62: 3–14.
- Somogyi Z. 2020: Az erdők szénlekötésének új referenciaszintje. *Erdészeti Lapok* 155(2): 38–41.
- Somogyi Z., Hidy D., Gelybó Gy., Barcza Z., Churkina G., Haszpra L., Horváth L., Machon A. és Grosz B. 2010: Modeling of biosphere-atmosphere exchange of greenhouse gases. Models and their adaptation. In: Haszpra L. (szerk.): *Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective*, 201–228. o.
- Somogyi Z., Bidló A., Csiha I. és Illés G. 2013: Country-level carbon balance of forest soils: a country-specific model based on case studies in Hungary. *European Journal of Forest Research* 132(5–6): 825–840.
- S. P. 1867a: A növények táplálkozása. *Erdészeti Lapok* 6(6): 253–258.
- S. P. 1867b: A növények táplálkozása. *Erdészeti Lapok* 6(7): 313–319.
- Sulyok G. 1892: A növények gyökerei mi módon veszik fel a tápanyagokat? *Erdészeti Lapok* 31(3): 162–166.
- Szegedi A. 1978: A talajerő-utánpótlás az erdészetben. *Az Erdő* 27(11): 491–493.
- Székelyhidy E. és Loksa I. 1979: Oniscoiden-, Diplopoden- und Chilopoden-Gemeinschaften im Untersuchungsgebiet „Síkfőkút-Projekt” (Ungarn). *Opuscula Zoologica* 16(1–2): 151–174.
- Szemerey T.-né 2004: Erdőtalaj meszezésének hatása egy bükkös faállomány páncélosatka faunájára (Acari: Oribatida). Doktori értekezés, Soproni Egyetem.
- Szodfridt I., Bidló A., Gyurkó P., Kovács G. Kovácsné Ligetfalusi I. és Varjú P. 1993: Erdészeti Termőhelyismeret-tan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 307 o.
- Szőnyi L. 1967a: Az erdő hatás a vizek levonulására. *Az Erdő* 16(9): 411–414.
- Szőnyi L. 1967b: Az erdők szerepe a talajvédelemben. *Az Erdő* 16(5): 198–202.

- Szőnyi L. 1975: Az erdők műtrágyázásáról. *Az Erdő* 24(2): 54–61.
- Tompa K. 1978: Plantánnal kezelt polietilén tasakos fenyőcsemeték növekedése. *Az Erdő* 27(2): 67–70.
- Tondoh J. E., Monin L., Tiho S. és Csuzdi Cs. 2007: Can earthworms be used as bio-indicators of land-use perturbations in semi-deciduous forest? *Biology and Fertility of Soils* 43(5): 585–592.
- Tóth J. A., Papp B. L. és Jakucs P. 1985: Litter production of forest. In: Jakucs P. (szerk.): *Ecology of an Oak Forest in Hungary, Results of „Síkfőkút Project”* 1. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Tóth J. A., Lajtha K., Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Caldwell B., Bowden R. D. és Papp M. 2007: The effect of climate change on soil organic matter decomposition. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 3: 75–85.
- Tölgyesi Gy. 1965: Adatok az erdei fák és cserjék Ca-, P-, Fe-, Mn-, Zn- és Cu-tartalmáról. *Az Erdő* 14(6): 275–281.
- Traser Gy. és Csóka Gy. 2001: A mezofauna – Insecta: Collembola – átotthalmi fenyő- és tölgyerdők talajában. *Erdészeti Kutatások* 90: 231–240.
- Traser Gy. 1980: Adatok a farkasgyepűi bükkösök avarszintjének Collembola (ugróvillás) faunájához. *Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények* 2: 19–23.
- Traser Gy. 1981: Talajszekticidek hatása a talajfaunára. *Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények* 3(2): 129–138.
- Traser Gy. 1996: Lebontók. In: Mátyás Cs.: *Erdészeti ökológia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 222–235. o.
- Traser Gy. 1997: Egy szigetközi nemesnyáras biodiverzitása: a talajfauna. In: Pájer J. és Fabich E. (szerk.): *V. Erdészeti Szakmai Konferencia kiadványa a WoodTech keretében*. Sopron, 57–64. o.
- Traser Gy. 2002: Borókás–nyáras erdők ugróvillás (Insecta: Collembola) faunája. In: Barna T. (szerk.): *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói nap 2001–2002*, Gyula, 46–52. o.
- Turcsányi G., Siller I., Führer E., Kovács M., Penksza K., Büttner S., Figezky G., Dudás J. és Mihály B. 1996: Amount and chemical element content of rhizomorphs in the stemflow and throughfall areas of beech stands on different soil types. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 159(5): 513–518.
- Ujváriné Jármy É., Járó Z. és Ujvári F. 2001: A biomassza mennyisége, megoszlása és változottsága a nemzetközi lucfenyő származási kísérletben (IUFRO 1964/68). *Erdészeti Kutatások* 90: 49–64.
- Vági I. 1939: A Duna és Tisza közötti meszes futóhomok-talajok könnyen felvehető foszfor-savtartalma az alföldfásítás szempontjából. *Erdészeti Lapok* 78(4): 373–382.
- Vági I. 1940: Az erdei talaj televény és könnyen oldható P₂O₅-tartalmának az évi változása. *Erdészeti Lapok* 79(9): 562–568.
- Varga Cs., Fekete I., Kotroczó Zs., Krakomperger Zs. és Vincze Gy. 2008: The Effect of litter on soil organic matter turnover in Síkfőkút site. *Cereal Research Communications Suppl.* 36: 547–550.
- Varga L. 1962: Az erdei alom bomlásáról. *Az Erdő* 11(2): 84–87.
- Wiky A. 1879: A tölgy sarjerdők felújításáról. *Erdészeti Lapok* 18(3): 166–173.
- Winkler D. és Tóth V. 2012: Effects of Afforestation with Pines on Collembola Diversity in the Limestone hills of Szárhalom (West Hungary). *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 8(1): 9–20.
- Zagyvai-Kiss K. A., Kalicz P., Szilágyi J. és Gribovszki Z. 2019: On the specific water holding capacity of litter for three forest ecosystems in the eastern foothills of the Alps. *Agricultural and Forest Meteorology* 278. 107656.

- Zagyvainé Kiss K., Kalicz P. és Gribovszki Z. 2013: Az erdei avar tömege és víztartó képessége közötti összefüggés. Erdészettudományi Közlemények 3(1): 79–88.
- Zicsi A., Szlávecz K. és Csuzdi Cs. 2011: Leaf litter acceptance and cast deposition by peregrine and endemic European lumbricids (Oligochaeta: Lumbricidae). Pedobiologia 54: 145–152. URL1. www.scientia.hu/casmofof.

A termőhely értékelése

Erdészeti termőhely-osztályozás és térképezés

Führer Ernő, Bidló András és Illés Gábor

Az erdőben érvényesülő biológiai és ökológiai hatótényezők osztályozása és azoknak a gyakorlati felhasználhatóság érdekében történő ok-okozati rendszerbe foglalása már mintegy 100–150 évre tekint vissza. Eleinte a fafaj, az állományok vágásmódja és szerkezete alapján osztályozták az erdőket. Az éghajlati, talaj- és hidrológiai adottságok figyelembevétele, végül a növénytársulás, az erdőtípus bevonása az értékelésbe (Magyar 1935; Soó 1934) vezetett el ahhoz a komplex erdő-értelmezéshez, amely az erdőgazdálkodási tevékenység hatását is tekintetbe veszi (Majer 1962).

A természettudományok fejlődésével fordult a figyelem a termőhelyi tényezők felé. Ekkor kezdték az erdőket éghajlati és talaj tulajdonságaik alapján osztályozni, ami később a hidrológiai viszonyokkal is kiegészült. Fehér (1934a) már egy korszerű szemléletet fogalmazott meg az erdőgazdálkodó számára:

„a fák életviszonyainak szabályozásánál nem elegendő az egyoldalú talajvizsgálat, hanem ehhez a termőhely összes tényezőinek ismerete és vizsgálata szükséges ... a talaj és vele együtt az erdő élete a klíma hatására állandó ingadozásoknak van alávetve és az erdő, mint élettér tulajdonképpen talajával együtt a klíma eredőjének tekinthető”.

Az erdőgazdálkodás céljainak e korai időszakban jól megfelelt Borhidi (1961) Walter-féle klímadiagramokra alapozott klímazonális beosztása, melyben már az éghajlat és a következményeként megtelepedő fafajok területi kapcsolódása is kifejezésre jut.

Az erdészeti talajok értékelése és osztályozása mindig igazodott az általános talajtan fejlődéséhez. Ezzel kapcsolatosan és a laboratóriumi talajvizsgálatok korszerűsödésével az 1920-as évektől több erdészeti vonatkozású



Babos Imre egy bugaci talajszelvényt értékelt 1961-ben. Munkássága az egyes termőhelyláncok feltárása révén a hazai termőhelyismeret számára meghatározó fontosságú volt (Forrás: ERTI archívum)

munka született (Fehér 1931, 1935; Vági 1922, 1924, 1939; Tury 1954 – további részletek a talajbiológia fejezetben).

A második világháború után megkezdett erdősítési-fásítási program keretében, a kopárok (Majer 1962), a homoktalajok (Babos 1962), a szikek (Tóth B. 1962), a mocsári, lápi és réti talajok (Szodfridt 1962), valamint az árterek fásítása (Tóth I. 1962) kiemelt figyelmet kapott. A szélsőséges, nehezen erdősíthető talajviszonyok arra is felhívták a figyelmet, hogy a talaj mellett a termőhely értékelésében, különösen síkvidéken, a mikroklíma, a mikrodomborzat és a talajvízszint sem elhanyagolható tényező (Babos 1956).

Továbbá, a talajok vízgazdálkodásával összefüggésben, az általános talajtani mutatók mellett bevezetésre került két olyan jellemző, amelyek a talajok fizikai-hidrologiai tulajdonságára utalnak és csak az erdőszetben kerülnek alkalmazásra. A homoktalajok vízgazdálkodása a 2 órás kapilláris vízemeléssel jól jellemezhető (Botvay 1956). Emellett a vízgazdálkodás elsősorban a humusz- és agyagkolloidoktól függ. Ezek mennyiségével pedig a higroszkópos nedvesség áll szoros összefüggésben. Járó (1953) szerint az egyes talajszintekre (rétegekre) kiszámolt *hy-összegek* a fajok növekedésére nagyon jó irány-mutatást adnak.

A talajképző tényezők folyamatos hatásának, és az összhatásukra kialakult jellegzetes talajfejlődési állapotnak a leírására szolgál a *genetikai talajtípus*. Ennek végső és az erdőszetben is alkalmazott osztályozását több talajtanos szakember munkáját felhasználva Stefanovits (1963) állította össze. Az osztályozás alapjául könnyen meghatározható tulajdonságok, azaz kémiai, genetikai és fizikai jellemzők szolgálnak.

A II. világháborút követően a termőhelytipológiában jelentős fejlődést hozott az MT 1040/1954. számú kormányhatározat, amely fásítások esetében előfeltételként a termőhelytípusok előzetes meghatározását jelölte meg. A termőhelyi tényezők minél alaposabb megismerése, ezek komplex értékelése (Majer 1962; Babos et al. 1966) vezetett el a sokféle és igen különböző tulajdonságú termőhelyek osztályozásához, végül pedig a 70-es évek végére az egyes fajok termőhely-igényének megismerése alapján egy sajátosan magyar termőhely-tipológiai rendszer kimunkálásához (Járó 1972, 1986). A rendszer a hazai termőhelyeket a termőhelyi tényezők egyenkénti értékelésének megfelelően 4 klímatisípusba, 7 hidrologiai kategóriába és 43 genetikai talajtípusba sorolja, a talajt pedig 5 termőréteg-csoportra, ill. 6 fizikai talajféleségre bontja. Az ily módon besorolt, és a termőhelyi tényezők összhatását kifejező termőhelytípus-változatoknak meghatározott termőképessége (termőhelyi potenciálja) van, amihez megadhatók a megfelelő erdőtípus főfajjai (célállományok), azok növekedésével és vágáskorával, valamint elegyfajok is javasolhatók. E rendszer tehát a termőhelyek és a rajtuk álló célállományok közti összefüggések egységes szemléletű megjelenítését szolgálja.

Csaknem 35 év múltán is e rendszer megújított és továbbfejlesztett változatát adta ki kiadvány formájában az Állami Erdőrendezési Szolgálat (ÁESZ 2005). Új termőhelytípusok (197 helyett 220 db) és az egyes termőhelytípusokra új fajok kerültek be a táblázatba. Az egyes termőhelytípusok esetében az elsődleges javaslat a természetes erdőtársulás csoportra, illetve őshonos fajokra vonatkozik. Az új kiadvány a fenyők alkalmazhatóságát korlátozta, illetve javaslatot tesz az elegyfajokra vonatkozóan. A korábbi táblázatokról

eltérően a várható vágásérettségi kor már nem szerepel a táblázatban (Tímár et al. 2005). A táblázat újdonsága még, hogy kibővítette a genetikai talajtípusok körét, így a korábbi javaslatok alapján bekerült a táblázatba a cseri talaj (Bidló et al. 2000, 2001) és a csernozjom réti talaj. A táblázat és a hozzá tartozó útmutató alapja a mind a mai napig használatos erdészeti termőhelyosztályozási és fafajmegválasztási rendszer, amely nemzetközileg egyedülálló. Az alkalmazott genetikai talajtípus osztályozás bár azonos tájféldrajzi és genetikai elveken nyugszik, mint a hazai mezőgazdasági vagy földrajzi talajosztályozás, mégis attól részben eltér. Ennek alapvető oka, hogy több olyan talajtípus (pl. rozsdabarna erdőtalaj, cseri talaj) is szerepel a rendszerben, amelyek alkalmazását elsősorban a termőképességben megjelenő különbség indokolta.

A 2005-ben bevezetett rendszer kiállta az idő próbáját, azonban a korábbi szerzők nem gondolhattak azokra a kihívásokra, amelyekre ma az erdészetnek válaszolni

kell. Ezek közül a legjelentősebb a klímaváltozás, amely nagyban átalakíthatja erdeinket (Mátyás 2017) illetve talajainkat (Bidló és Horváth 2018). E változás szükségessé teszi a táblák kiegészítését és bővítését. Egy új erdészeti klímakategória, a sztyep bevezetése szükséges, továbbá a klímakategóriák „eltolódása” miatt olyan termőhelytípus-változatok jelenhetnek meg a jövőben, amelyekre eddig nem volt példa. A munka megkezdődött (Führer 2018; Gálos et al. 2018; Czimer et al. 2018) és a következő évek feladata az erdészeti termőhelyosztályozás továbbfejlesztése.

A termőhelytípus-rendszer fejlesztésével egy időben, először az alföldi, majd a domb- és hegyvidéki erdőterületek termőhelytérképezése is megindult, ahol az erdő- és termőhelytípológiát együttesen alkalmazták. Az ERTI és az Erdőmérnöki Kar munkatársain kívül kiterjedt termőhelytérképezést végeztek az erdőgazdaságok termőhelyfeltáró csoportjai is. A gyakorlati terepi és laboratóriumi munkákat könnyítette meg Járó Zoltán (1960) módszertani útmutatója. Az útmutató részletesen ismerteti a helyszíni talajleírásnál felveendő adatokat (beleértve a növényzet felvételét is), valamint a talajminták laboratóriumi vizsgálatát. A hazai erdészeti termőhelyosztályozás egyik mindmáig meghatározó kiadványa a *Talajtípusok* (Járó 1963). Talajosztályozási rendszere a Magyarországon a



Járó Zoltán tudományos munkásságát, a hazai termőhelytípológia kidolgozásáért, Fazekas Sándor vidékfejlesztési miniszter 2011-ben arany életfa kitüntetéssel ismerte el, 90. születésnapja alkalmából
(Forrás: OEE archívum)

mai napig alkalmazott talajgenetikai és tájföldrajzi elveken nyugszik, benne megjelennek a hazai erdészeti gyakorlat által használt főtípusok (váztalajok, üledék és hordalék, sötét színű erdő-, barna erdő-, csernozjom-, szikes-, réti-, láp-, valamint mocsári és ártéri erdő talajok). Az egyes talajtípusokhoz 50 színes szelvénykép (Strauss Pál munkája) és részletes talajleírás tartozik. A hazai termőhelyosztályozást szintén alapvetően meghatározó kiadvány az 1966-ban Babos Imre és munkatársai (1966) által összeállított *Erdészeti termőhelyfeltárás és térképezés* című összefoglaló tanulmánya, amely ugyancsak a hazai erdészeti termőhelyfeltárás alapművének számít.

A termőhelyfeltárások eredményeinek térképi megjelenítése a termőhelytérképezés. Közvetett útja az erdőtípusokra alapozott térképezés, hiszen az erdőtípus utal termőhelyének területi elhelyezkedésére. E helyett azonban Járó (1954) a direkt termőhelyfeltárás módszereit alkalmazta, ugyanis a térképezendő területek növényzeti viszonyai sok esetben nem tudják biztosítani a természetes erdőtípusok meghatározását a gyakorlat megkívánta pontossággal.

Az utóbbi évtizedben terjedt el a digitális talajtérképezés, ahol számítógépes adatmodellek révén használják fel az erdőterületekről gyűjtött és más forrásokból, pl. műholdfelvételekből származó adattömeget. A térképek fejlesztése és pontosítása új adatok modellbe illesztésével gyorsan elvégezhető. A több talajjellemzőt is tartalmazó modellekből az igények szerint tetszőleges információtartalmú térképek készíthetők (Illés 2018). Ez a technológia tette lehetővé, hogy egyesítve az agrár- és az erdőterületekről rendelkezésre álló talajtani információkat, létrejött hazánk első, mindkét szektorra egységes talajtípus térképe. Ez bekerült a megújult Nemzeti Atlaszba (Csorba et al. 2018), és digitális felületeken adatszolgáltatási funkciókat is ellát, nemcsak a talajtípusok, hanem egyéb talajjellemzők vonatkozásában is (*ertigis.hu, dosoremi.hu*).

Erdei termőhelyek vízgazdálkodási értékelése

Führer Ernő és Gribovszki Zoltán

Magyarország természetföldrajzi adottságai között a termőhely vízgazdálkodása az erdei növénytakaságok kialakulásában és ennek megfelelően az erdőművelési gyakorlat megszabásában is az egyik legfontosabb erdőtenyésztési tényező. Ilyenkor nemcsak a talaj vízháztartására kell gondolni, hanem a domborzattól függően kialakult helyi klímának a vízgazdálkodást befolyásoló szerepe is.

Majer (1962) a termőhelyi tényezők összhatását, azaz a termőhely termőképességét leginkább kifejező erdőtípusokat 8 *vízgazdálkodási fokozatba* (ún. ökológiai vázba) sorolta, melyekből négy száraz (1. *szélsőségesen száraz*, 2. *igen száraz*, 3. *száraz*, 4. *féliszáraz*), négy pedig nedves típusú (5. *üde*, 6. *félnedves*, 7. *nedves*, 8. *vizes*). Tekintettel arra, hogy a termőhely vízgazdálkodását a maga egészében és működésében mérhető, ill. számszerűsíthető megfigyelésekkel jellemezni nem tudta, e fokozatok elkülönítésére indirekt módszert, a lágyszárú növényzetet használta, melyeket acidofil-bazofil sorozatokba illesztett be.



Lombos fajok víz- és tápanyagforgalmának vizsgálata beton liziméterekben az ERTI Gödöllői Kísérleti Állomásán (1970, ERTI archívum)

Magyarországon a növények számára felvehető víz a legtöbb termőhelyen a minimumot kifejező termőhelyi tényező. Ezért Babos (1966) a vízgzátkodási fokozatok helyett, főleg a síksági (alföldi) tájak esetében, ahol a kultúrhatások az eredeti fajösszetételt lényegesen módosították, olyan *vízháztartási csoportokat* képzett és alkalmazott, melyek elkülönítése a talajvíz hatásától függ. Ezek szerint *talajvízhatástól független* termőhelyek azok, ahol a ta-

lajvíz szintje 220 cm-en belül sohasem kerül, még áprilisban sem. E csoportba a száraz típusú vízgzátkodási fokozatok (1–4.) tartoznak. *Időszakos talajvízhatásúak* a termőhelyek ott, ahol az áprilisi talajvízállás 150 és 220 cm között mérhető. E csoportba sorolja Babos az üde (5.) és félnedves (6.) vízgzátkodási fokozatokat. *Állandó talajvízhatás* alatt állnak azok a termőhelyek, amelyek talajvízszintje áprilisban 150 cm mélységig elérhető. E csoportba sorolható a nedves (7.) és a vizes (8.) vízgzátkodási fokozatok. Van egy negyedik vízháztartási csoport, a *kovárványhatású* termőhelyek csoportja, melyek kialakulása homoktalajoknál a pszeudoglej-, vályogtalajoknál pedig a glejképződéshez köthető. E termőhelyek vízháztartása független a talajvíztől, a mélybe szívárgó csapadékvizet viszont a termőréteg különböző mélységében előforduló tömöttebb talajszintek átmenetileg, időszakosan visszatartják. A félszáraz (4.) és az üde (5.) vízgzátkodási fokozatok bizonyos formáit foglalja magába.

A Babos-féle vízháztartási csoportok kialakítása tulajdonképpen ráépült a termőhelyek hidrológiai viszonyainak Járó-féle értékelésére. Eredetileg Járó (1962) olyan vízforrásokat vett számításba, melyek közvetlenül nem függenek sem a csapadéktól, sem pedig a talaj vízkapacitásától. Ezek közé tartozik a *talajvíz*, a *felületi összefutó vizek*, a *hullámterek vízjárása* és a *pszeudoglejes talajok vízpangása*. Kezdetben a hidrológiai viszonyokkal, mint önálló termőhelyi tényezővel nem, csak a talajjal összefüggésben számoltak, ezért a termőhely-értékelés, az erdősitendő fajok megválasztása sokszor bizonytalan volt, az erdőfelújítási és erdőtelepítési munkák pedig több esetben sikertelenek voltak (nyár- és tölgytemetők). Később Járó (1970, 1972), mások munkáira (Botvay 1952; Szodfridt és Tallós, 1964; Szodfridt és Faragó 1968; Tóth 1958) is építve, már önálló termőhelyi tényezőnek tekintette a hidrológiai viszonyokat, és ezért hidrológiai kategóriákat állított fel. Egy kategória többféle vízformát is tartalmazhat, olyanokat, melyek a termőhely vízgzátkodál-

kodását hasonlóan befolyásolják. Tudományos megfontolások és gyakorlati tapasztalatok alapján elkülönítette a *többletvízhatástól független*, a változó vízellátású, a *szivárgó vizű*, az *időszakos vízhatású*, az állandó vízhatású, a *felszínig nedves* és a *vízzel borított* hidrológiai kategóriákat.

Az időszakos vízhatású kategória áprilisban mért átlagos 220 cm-es talajvízmélység határa több esetben kérdéses lehet. Magyar (1960) beszámolt ugyanis arról, hogy laza talajképző kőzeten kialakult igen mély termőrétegű és kedvező tulajdonságú talajok esetében több fafaj mély gyökérzetet képes fejleszteni és azzal akár a mélyebben elhelyezkedő talajvizet is elérni. Ezt igazolják az Alföldön megkezdett erdészeti talajvízmonitoring eredményei, amely szerint a 3–4 m mélyen elhelyezkedő talajvizet a kocsányos tölgy, a nemes nyár és az akác is hasznosítani tudja (Tóth et al. 2014). A kérdéskör tisztázása azért igényel további kutatásokat, mert egy idősebb állomány felújítását követően a helyén létrejövő fiatal állomány már nem biztos, hogy képes lesz gyökérzetét oly mértékben fejleszteni, amivel a fokozatosan, esetleg több évtized alatt lesüllyedt talajvizet gyorsan, egy-két vegetációs periódus elmúltával elérheti.

A hidrológiai kategóriák igen sok esetben döntő termőhelyi tényezőként nemcsak a fajmegválasztást, hanem a természetstechnológiát is meghatározzák és az eredményesség szempontjából az egész erdőgazdálkodást befolyásolják. Fontosságuk különösen a száraz klímájú területeken lép előtérbe, de pl. a hullámterek vízjárásának helyes megítélése is rendkívüli körülményt igényel. Ezért a hidrológiai viszonyok ismeretének gyakorlati alkalmazása ma már széleskörűen elterjedt, nélküle „az egyes termőhelytípus-változaton alkalmazható célállományok” meghatározása nem lenne reális és szakmailag alátámasztható. Mivel a hidrológiai viszonyokat a termőhely vízmozgás-vízutánpótlás-víztárolás lehetőségei a klímától függően is alakítják, a klímaváltozás sajnos érinteni fogja az egyes hidrológiai kategóriák országon belüli területi kiterjedését és egymás közötti megoszlását. Ennek tisztázása helyszíni megfigyelésekkel és mérésekkel az erdészeti kutatás egyik soron következő fontos feladata lesz.

A termőhelyi potenciál feltárása

Führer Ernő és Bidló András

A termőhelyi tényezők összhatásának eredménye a termőhely termőképessége, potenciálja. Ettől függ az adott termőhelyen tenyésző növénytársulás/faállomány értéke, azaz erdészeti szempontból az, hogy az erdőgazdálkodó milyen faállomány, milyen mennyiségű és minőségű fatömeg hozadékára, azaz milyen produkcióra számíthat. Minden termőhelytípus-változatnak bizonyos határok között ingadozó *potenciális* és *aktuális termőképessége* van, ezek ismerete az erdőgazdálkodás alapja (Járó 1962). A potenciális termőképesség a feltételezett természetes erdőtípusnak megfelelő, a közelmúltig állandónak tekintett maximális termőerőt képviseli, az aktuális pedig az aktuális állapotnak megfelelő faállományé (pl. származék- vagy kultúr erdőtípusé).

A termőképességet kétféle megközelítéssel lehet becsülni. Az egyik a termőhely-jellemző növényzetre támaszkodik, azaz pl. az erdőtípusra (Majer 1962). Ez azonban nehézkesen alkalmazható a termőképességet kifejező biológiai produkció meghatározására, mert azonos erdőtípusok szervesanyag-képzésük tekintetében igen nagy különbségeket mutathatnak. Azaz, a növényzet tipizálása csak durva, elnagyolt becslést tesz lehetővé. Az erdőtípológia alkalmazása a termőhely termőképességének jellemzésére eddig azért sem vált be, mert a rendszer a biológiai produkcióért (termőképességért) elsődlegesen felelős klíma- és vízgazdálkodási viszonyokat nem kezeli súlyuknak megfelelően. Az ökológiai adottságoktól függő fajösszetételt és állomány-szerkezetet a hosszú életciklusú, időben folyamatosan változó (korosodó) faállomány dominanciája határozza meg, míg az erdőtípológiában eltűnt szerepet kapnak a rövid életciklusú lágyszárú fajok. Emiatt például az alapkőzet, talajkémhatás szerepe túlértékelődik más, ökológiailag fontosabb tényezőkkel szemben. A klíma és a hidrológia változásai pedig erdőtársulásaink szerkezetét és összetételét már napjainkban is jelentősen befolyásolják, amit a lágyszárú szint kimutatható átalakulása (termofilizációja) is jelez (Zellweger et al. 2020). Indokolt ezért, az erdőtípológiában (illetve a társulásrendszerben is) elsődleges osztályozó tényezőnek tekinteni a klímazónát, legalábbis a zonális, azaz elsődlegesen a klímától függő erdőtípusok esetében (Mátyás 1997, 2020).

A másik megközelítés, tekintettel az erdőgazdálkodás fa-alapanyag szolgáltató funkciójára, a faállományok valamely számszerűen kifejezhető tényezőjén alapszik, amit leginkább a faállomány fejlődése, főként a korához viszonyított magassági növekedése tükröz vissza. Ezért a termőhely minőségének legpontosabb kifejezőjeként a fák biológiai felső magasságát tekinthetjük (Magyar 1940). Az ennek megfelelően kialakított 6 fatermési (termőhelyi) osztályt (I–VI. fto.) 3 fatermési csoportba rendezve jó, közepes és gyenge növekedésről beszélhetünk, ami már megfelelő pontosságú becslést ad a kérdéses termőhelytípus-változat termőképességéről. Természetesen egy adott termőhely termőképességét a különböző fafajok, a termőhellyel szembeni eltérő igényük miatt, nem egyformán rangsorolják. A módszerrel az egyes termőhelytípus-változatok potenciálja jól jellemezhető a rajtuk nevelhető fafajok termőképességtől függő növekedése alapján.

A *termőérték-mutatószámot* homoki termőhelyekre dolgozta ki Babos (1962), mely-



Keresztesi Béla (1922–2001) ERTI főigazgató (jobbról) és Tóth Béla (1920–2016), a püspökladányi Kísérleti Állomás igazgatója kutatói érdeklődése az alföldi száraz termőhelyek hasznosításában találkozott (árbócakác klónkísérlet bemutatóján a Gödöllői Arborétumban, 1970, ERTI archívum)

nek meghatározásához figyelembe vette a talaj egyes rétegeinek vastagságát és a rétegek talajfizikai jellemzőit. E mutatószámot a hidrológiai viszonyokkal együtt értékelve jó támpontot kaphatunk a termőhely termőképességéhez.

A termőképességet egy adott időpontban kifejező biológiai produkció az aktuális faállomány szervesanyag-készletének meghatározásával is mérhető. A dendromassza összmennyisége mellett, annak kompartmentek (levélzet, ágak, törzs, gyökérzet) szerinti eloszlása is fontos információt szolgáltat az egyes fajok termőhely-hasznosításának mélyebb megismeréséhez. A földfeletti szervesanyag nagy pontosságú becsléséhez a fatermesési kutatások nyújtanak kiindulási alapot (Solymos 1998), az ezzel összefüggő adatok az erdészeti adatbankban rendelkezésre is állnak. A földalatti dendromassza mennyiségére vonatkozóan azonban a különböző ökológiai körülmények és fajok, illetve állománytípusok esetében még most is nagyon kevés információval rendelkezünk. Az 1970-es évektől indultak az ökoszisztémák szervesanyag-készletével és az ökológiai tényezők szerepével kapcsolatos olyan kutatások, amelyek a fontosabb fajok finomgyökérzetét is vizsgálták (Járó 1990, 1991, 2009, 2001; Ujváriné et al. 2001; Führer és Jagodics 2009; Führer et al. 2011). E kutatások nemcsak a termőhely, a termőképesség és produkció között fennálló összefüggések megállapítását szolgálták, hanem a változó termőhelyi tényezők szervesanyag-képzésre gyakorolt hatásának feltárását is. Ennek a klímaváltozás adott aktualitást. Führer és munkatársai kimutatták, hogy azonos talaj- és hidrológiai viszonyok között a klímazonális fajok földfeletti szervesanyaga, továbbá az állományok egyik ökofiziológiai tulajdonságát kifejező földfeletti és földalatti dendromassza aránya és az erdészeti szárazsági mutató (FAI) között szoros kapcsolat áll fenn (Führer et al. 2014). Az ilyen összefüggések ismerete a klímaváltozás erdőgazdálkodásra gyakorolt közvetett hatásainak becslését pontosítja.

A jövőre nézve igen fontos lenne a termőképesség erdőtípusokra alapozott módszerének továbbfejlesztése azért is, mert az új erdőművelési gyakorlat jelentős mértékben eltolódik a fajokban gazdag és változatos szerkezetű örökzöld-gazdálkodás irányába (Solymos és Béky 1995).

Fajok termőhelyi igényének kutatása

Führer Ernő és Bidló András

A Magyarországon kialakított, az erdészeti gyakorlatba bevezetett és nagy vonalaiban máig alkalmazott termőhelytipológia elveinek és rendszerének kimunkálásában számos erdészeti kutató és gyakorlati szakember vett részt. A kutatás gazdag irodalmára vonatkozóan itt elsősorban az „Erdészeti termőhely-osztályozás” és az Erdőművelés főfejezetben az „Erdészeti tájak” fejezetekre utalunk. E nagy ívű kutatómunkára építve, szinte azzal párhuzamosan megindultak azon vizsgálatok is, amelyek az egyes fajoknak a termőhellyel szemben támasztott igényeit tárják fel.

A jövőbeli fatermesztés alapjául szolgáló fajokból álló állományokat célállományoknak nevezzük, ezeknek kell leginkább megfelelniük előfordulásuk termőhelyének, de a

mindenkori erdészeti politikai és társadalmi elvárásoknak is. Ezért rendkívül fontos a fajok ökológiai jellemzése, azaz *termőhelyi igényének* meghatározása. Természetesen az elkülönítő jellemzők kategorizálásánál nemcsak a hazai megfigyelésekre támaszkodtak, hanem az egyes fafajok országon kívüli előfordulásának természeti adottságait is számításba vették. Mindezek alapján több szempontcsoportot határolt el Majer (1972). Kiindulás az egyes fafajok elterjedésének (areatípus) és flóraelem (hegyvidékiség) jellegének a meghatározása. Ezt követi a klímával kapcsolatos jellemzők (éghajlatjóság, árnytűrés, hőigény, légnedvesség) megállapítása, majd pedig a talajhoz köthető hidrológiai (talajnedvesség, talajvíz, előntés), fizikai (szellőzöttség, mélység), és kémiai (avarmennyiség, avarbomlás, talajsavanyúság, tápanyagigény) jellegű paraméterek meghatározása. Valamennyi jellemzőt 5 fokozatba sorolva, az egyes fafajok egymástól jól elkülöníthetőek, és figyelembe vételük a fafajmegválasztás biztonságát jelentősen növelik.



Szodfridt István (1930–2011) fehér nyár termőhelyet mutat be Bugacon az MTA Erdészeti Bizottságnak 1980-ban (a résztvevők balról jobbra: Vancsura Rudolf, Gencsi László, Ujváriné Jármay Éva, Tóth Katalin, Papp László, Bondor Antal, Tuskó László (Fotó: Mátyás Csaba)

A Magyarországon elterjedt fafajok termőhely-igényével kapcsolatos vizsgálatok zöme főleg Járó Zoltánhoz köthető. Foglalkozott a hazai fafajok elterjedésével (Járó 1962a, 1966a), ami alapján előfordulásuk ökológiai adottságaira is következtetni lehet. Az akkori szakmapolitikai elvárások miatt több publikációja jelent meg az idegenhonos és gyorsan növekvő fafajok, főleg a nyárok (Járó 1953, 1960, 1962b), az akác (Járó 1953, 1965), a vörös tölgy (Járó 1957) és a fenyők

(Járó 1966, 1968) termőhely-igényével kapcsolatosan, de az őshonos tölgyekről (Járó 1967) is több szintetizáló tanulmánya látott napvilágot. Járó további érdeme, hogy Lány Gézával együtt meghatározták fafajaink részletes talajigényét (Járó és Lány 1956). Munkájukban 10, a fatermesztés szempontjából igen fontos tulajdonság (kémhatás, mészartalom, Arany-féle kötöttség, Kuron-féle higroszkóposság, 5 órás kapilláris vízemelés, humuszos A-szint vastagsága, szikesek összes só és szódataralma, talajvíz átlagos mélysége, termőréteg-igény, talajhibára való érzékenység) fokozatai alapján sorolták be a fafajokat 4 kategóriába, amelyek szerint a fajaj telepítése nem javasolt, a fajaj fejlődése gyenge, közepes vagy jó. A tölgyek termőhelyigényével kapcsolatosan meg kell még említeni Szodfrid (1967), Tóth (1967) és Babos (1967) munkásságát is.

Sajnos a nyolcvanas évektől napjainkig, kimondottan a fajok termőhelyi igényével kapcsolatosan, újabb kutatások nem indultak. Azonban a változó környezetünkkel összefüggésben (klíma, vízháztartás, stb.) az egyéb ökológiai vizsgálatoknak köszönhetően pontosításokra, ill. kiegészítésekre mód nyílhat. Az újabb, klímaigénnyel kapcsolatos kutatásokról a „Klímatolerancia határai” fejezet szolgál részletekkel.

A jövőre nézve igen fontos lenne hazai célorientált kutatásokkal alaposabban feltárni a fajok fejlődése és a termőhelyük tulajdonságai közötti összefüggéseket az alábbi tématerületeken:

- a fajok klímatoleranciájának megállapítása,
- a fajok vízigényének számszerű meghatározása különböző természetföldrajzi körülmények között,
- a hidrológiai viszonyok változásának előrejelzése és hatásának becslése az állományok szerkezetére és növekedésére,
- a fajok minimális tápanyagszükségletének meghatározása.

Irodalom

- ÁESZ 2005: Az egyes termőhelytípus-változatokon alkalmazható célállományok. Budapest, 371 o.
- Babos I. 1956: Homoki termőhelyláncok. Erdészeti Kutatások 4: 33–93.
- Babos I. 1962: Homokfásítás termőhelytipológiai alapjai. In: Majer A. (szerk.): Erdő- és termőhelytipológiai útmutató. OEF, Budapest, 139–151. o.
- Babos I. 1967: Kocsányostölgy. Síkvidéki homokon. In: Keresztesi B. (szerk.): A tölgyek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 131–164. o.
- Babos I., H.-né Proszk S., Járó Z., Király L., Szodfridt I. és Tóth B. 1966: Erdészeti termőhelyfeltárás és térképezés. Akadémiai Kiadó, Budapest, 493 o.
- Bidló A. és Horváth A. 2018: Talajok szerepe a klímaváltozásban. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 57–71.
- Bidló A., Kovács G. és László R. 2000: Cseri talajok vizsgálata a TÁEG Rt. területén. Erdészeti Lapok 135(3): 70–72.
- Bidló A., Kovács G., László R. és Szodfridt I. 2001: Fafaj-összehasonlító kísérlet beállítása a cseri talajokon. Erdészeti Lapok 136(10): 315.
- Borhidi A. 1961: Klimadiagramme und klimazonale Karte Ungarns. Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis, Sectio Biologica 4: 20–25.
- Botvay K. 1952: Adatok az alföldi akácállományok minősége és a talajvíz mélysége közötti kapcsolathoz. Erdőmérnöki Főiskola Évkönyve 1951–1952: 3–16.
- Botvay K. 1957: Megjegyzések a vízgazdálkodási index erdőgazdasági alkalmazásához. Agrochimia és Talajtan 6(1): 89–92.
- Czímber K., Mátyás Cs., Bidló A. és Gálos B. 2018: A „Járó-tábla” avagy az egyes termőhelytípusokon alkalmazható célállományok és azok növekedésének közelítése gépi tanulási módszerrel. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 93–103.
- Csorba P., Ádám S., Bartos-Elekes Z., Bata T., Bede-Fazekas Á., Czúcz B., Csima P., Csüllög G., Fodor N., Frisnyák S., Horváth G., Illés G., Kiss G., Kocsis K., Kollányi L., Konkoly-Gyuró É., Lepesi N., Lóczy D., Malatinszky Á., Mezősi G., Mikesey G., Molnár Z., Pásztor L.,

- Somodi I., Szegedi S., Szilassi P., Tamás L., Tirászi Á. és Vasvári M. 2019: Tájak. In: Magyarország nemzeti atlasza, 2. kötet: Természeti környezet, 112–129. o.
- Fehér D. 1931: Az Alföldfásítás talajbiológiai problémái. Erdészeti Lapok 70(4): 317–335.
- Fehér D. 1934: A termőhelyi osztályok meghatározásának új módjai. Erdészeti Lapok 73(7): 558–569.
- Fehér D. 1935: A talajtérképezés célja és jelentősége a korszerű erdőgazdálkodásban. Erdészeti Kísérletek 37(3–4): 222–235.
- Führer E. 2018: A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 27–42.
- Führer E. és Jagodics A. 2009: A klímajelző fafajú állományok szénkészlete. „Klíma-21” Füzetek 57: 43–55.
- Führer E., Czupy Gy., Kocsisné A. J. és Jagodics A. 2011: Gyökérvizsgálatok bükkös, gyertyános-kocsányos tölgyes és cseres faállományban. Agrokémia és Talajtan 60(1): 103–118.
- Führer E., Csiha I., Szabados I., Pödör Z. és Jagodics A. 2014: Egy cseres faállomány föld feletti és föld alatti szerves-anyagának meghatározása. Erdészettudományi Közlemények 4(2): 109–119.
- Gálos B. és Führer E. 2018: A klímaértékelés erdészeti célú előrevetítése. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 43–55.
- Illés G. 2018: Hansági kultúrerdők és termőhelyük. Talajtani és fatermési kutatások az Észak-Hanságban. GlobeEdit, Berlin.
- Járó Z. (1960): Erdészeti termőhelyvizsgálat módszerei. Gyakorlati erdőművelők számára. Kézirat, Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 57 o.
- Járó Z. 1953: A nyárák talajigénye. Erdőgazdaság 7(11–12): 15–16.
- Járó Z. 1953: Az akác termőhelyigénye. Az Erdő 2(1): 322–335.
- Járó Z. 1954: A valkői termőhely-térképezés eredményei. Erdészeti Kutatások 3: 3–29.
- Járó Z. 1957: A vörös tölgy növekedési viszonyai. Az Erdő 6(2): 63–67.
- Járó Z. 1960: A nyárák termőhelyi igénye. Az Erdő 9(1): 43–50.
- Járó Z. 1962: Termőhelyi tényezők ismertetése. In: Majer A. (szerk.): Erdő- és termőhelytipológiai útmutató. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 11–68. o.
- Járó Z. 1962a: Fontosabb fafajaink elterjedése. Az Erdő 11(1): 7–22.
- Járó Z. 1962b: A nyárák igénye a talajjal és a vízellátással szemben. In: Keresztesi B. (szerk.): A magyar nyárfatermesztés. Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 126–150. o.
- Járó Z. 1963: Talajtípusok. OEF, Budapest, 152 o.
- Járó Z. 1965: Az akác termőhelyigénye. In: Keresztesi B. (szerk.): Akácatermesztés Magyarországon. Akadémiai Kiadó, Budapest, 157–218. o.
- Járó Z. 1966a: A fajok hazai elterjedése. In: Babos I. et al.: Erdészeti termőhelyfeltárás és térképezés. Akadémiai Kiadó, Budapest, 117–153. o.
- Járó Z. 1966b: A fenyőfélek termőhelyigénye. In: Keresztesi B. (szerk.): A fenyők termesztése. Akadémiai Kiadó, Budapest, 122–218. o.
- Járó Z. 1967: A kocsányos tölgy termőhelye „Ártéri és hordaléktalajokon” elsősorban a Dúnántúlon. Vörös tölgyek termőhelye. Magyar tölgy termőhelye. A hazai tölgyek víz- és tápanyag-gazdálkodásának néhány kérdése. In: Keresztesi B. (szerk.): A tölgyek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 165–188. o.
- Járó Z. 1968: A lucfenyő termőhelyigénye. Erdészeti Kutatások 64(1–3): 61–75.
- Járó Z. 1970: A hidrológiai viszonyok szerepe a termőhely értékelésében. MÉM Kísérletügyi Közlemények 63(13): 3–17.

- Járó Z. 1972: Az erdészeti termőhelyértékelés rendszere. In: Danszky I. (szerk.): Erdőművelés I. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 45–87., 137–255. o.
- Járó Z. 1986: Magyarországi termőhelyek rendszerezése és erdészeti értékelése. Erdészeti Kutatások 78: 181–197.
- Járó Z. 1990: A bükkösök szerves- és tápanyagforgalma. Erdészeti Kutatások 80–81: 83–98.
- Járó Z. 1991: Lomberdők gyökérrendszere és gyökértömege. Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények 1: 5–22.
- Magyar J. 1940: A fatermési táblák szerkesztésének alapkérdései. Erdészeti Kísérletek 42(1–2): 1–89.
- Magyar P. 1933: Erdőtípusvizsgálatok a Börzsönyi- és a Bükk-hegységben. Erdészeti Kísérletek 35(4): 396–439.
- Magyar P. 1960: Alföldfásítás I. Akadémiai Kiadó, Budapest, 576 o.
- Majer A. (szerk.) 1962: Erdő- és termőhelytipológiai útmutató. OEF, Budapest, 259 o.
- Majer A. 1962: Kopárfásítás termőhelytipológiai alapjai. In: Majer A. (szerk.): Erdő- és termőhelytipológiai útmutató. OEF, Budapest, 137–139. o.
- Majer A. 1972: Célállományok jellemzése. In: Danszky I. (szerk.): Erdőművelés I. OEF, Budapest, 88–136. o.
- Mátyás Cs. 1997: Erdőtársulások cönológiai rendszerezése. In: Mátyás Cs. (szerk.): Erdészeti ökológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 134–137. o.
- Mátyás Cs. 2017: A termőhelyi feltételek és a szárazsági határ eltolódása. Erdészeti Lapok 152(4): 102–106.
- Mátyás Cs. 2020: Áttekintés természetes és természetszerű erdőtársulásainkról, klíma-alapú közelítésben. In: Borbély K. és Kovács-Németh M. (szerk.): Környezettudatos viselkedéskultúra – Nemzeti identitás. Palatia Nyomda, Győr, 249–266. o.
- Solymos R. 1998: Az erdészeti fatermési és erdőnevelési kutatások eredményei és alkalmazásuk az erdőgazdasági gyakorlatban (1958–1998). Erdészeti Kutatások 88: 13–36.
- Solymos R. és Béky A. 1995: Elegyes erdők szerkezetének és fatermésének kutatása: egy 25 éven keresztül folytatott, 32 parcellás kísérlet eredményei. Erdészeti Kutatások 85: 91–111.
- Soó R. 1934: Magyarország erdőtípusai. Erdészeti Kísérletek 36(1–2): 88–138.
- Stefanovits P. (1963): Magyarország talajai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 272 o.
- Szántó I. 1949: Erdőgazdaságunk éghajlati adottságai. Erdészeti Kísérletek 49(1–4): 63–113.
- Szodfridt I. 1962: Mocsári, lápi és réti növénytársulások alapjai. In: Majer A. (szerk.): Erdő- és termőhelytipológiai útmutató. OEF, Budapest, 158–163. o.
- Szodfridt I. 1967: Kocsánytalantölgy. Csertölgy. Molyhostölgy. In: Keresztesi B. (szerk.): A tölgyek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 91–122. o.
- Szodfridt I. és Faragó S. 1968: Talajvíz és a vegetáció kapcsolata a Duna–Tisza köze homokterületén. Botanikai Közlemények 55(1): 69–75.
- Szodfridt I. és Tallós P. 1964: Változó vízgazdálkodású tölgyes erdőtípusok. Az Erdő 13(2): 85–89.
- Tímár G., Balogh I., Kovács G. és Madas K. (2005): Megújult „Az egyes termőhelytípus-változatokon alkalmazható célállományok” című táblázat. Erdészeti Lapok 140(3): 87–88.
- Tóth B. 1962: Szikfásítás termőhelytipológiai alapjai. In: Majer A. (szerk.): Erdő- és termőhelytipológiai útmutató. OEF, Budapest, 151–158. o.
- Tóth B. 1967: Kocsányostölgy. Síkvidéki kötött és szikes talajokon. In: Keresztesi B. (szerk.): A tölgyek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 122–130. o.

- Tóth I. 1958: Az Alsó-Dunaártér erdőgazdálkodása. A termőhely- és az erdőtípusok összefüggése. Erdészeti Kutatások 1958(1-2): 77–160.
- Tóth I. 1962: Ártéri termőhelytípusok. In: Majer A. (szerk.): Erdő- és termőhelytipológiai útműtató. OEF, Budapest, 163–165. o.
- Tóth T., Balog K., Szabó A., Pásztor L., Jobbágy E. G., Noretto M. D. és Gribovszki Z. 2014: Influence of lowland forests on subsurface salt accumulation in shallow groundwater areas. AoB PLANTS plu054, 1–39. o.
- Tury E. 1954: A szikes talajok erdészeti osztályozása. Erdészeti Kutatások 4: 3–12.
- Ujváriné Jármay É., Járó Z. és Ujvári F. 2001: A biomassza mennyisége, megoszlása és változossága a nemzetközi lucfenyő származási kísérletben (IUFRO 1964/68). Erdészeti Kutatások 90: 49–64.
- Vági I. 1922: A szikes talajokról. Erdészeti Lapok 61(17–18): 239–252.
- Vági I. 1924: Chlorid tartalmú szikes talajok a hortobágyi pusztán. Erdészeti Lapok 63(6): 118.
- Vági I. 1940: Az alföldi futóhomok-talajokban előforduló, könnyen felvehető kálium jelentősége a fásítás szempontjából. Erdészeti Lapok 79(4): 252–255.
- Zellweger F., De Frenne P., Lenoir J., Berki I., Standovár T., Teleki B. et al. 2020: Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming. Science 368(6492): 772–775.

Erdészeti ökofiziológia

A fanövedekés ökofiziológiai kutatása

Führer Ernő és Móricz Norbert

A fák növekedése összetett ökofiziológiai folyamatoktól függ, melyeket egyrészt genetikai tulajdonságok, másrészt környezeti adottságok szabályoznak. A hazai kutatások kezdetben, de főleg a 20. század közepső felében a fák és állományaik növekedés-menetének megismerésére irányultak, melyek eredményeinek gyakorlati alkalmazása a fatermesí táblákon keresztül valósult meg. A 20. század második felétől viszont, főleg az erdők egészségi állapotának környezeti tényezők (légszennyeződés, majd klímaváltozás) miatt bekövetkező romlása irányította rá a figyelmet a növekedést befolyásoló környezeti tényezők vizsgálatára. Hazánkban, szinte kizárólag az átmérő növekedésre koncentrálna két irányba indultak meg a vizsgálatok, egyrészt évgyűrű-idősoros elemzésekkel az éves növekedés és az időjárás közötti trendszerű kapcsolatot keresték, másrészt a 21. század első két évtizedében az éven belüli növekedés-menetre gyakorolt időjárás körülmények ok-okozati mechanizmusainak, továbbá a hatások és válaszreakciók megismerésének kutatása került reflektorfénybe.

A hazai évgyűrűvizsgálatok kezdete az 1940-es évekre tehető (Kulin 1941). A 20. század második felében egyre több évgyűrűkutatáshoz köthető tudományos munka született. Az évgyűrűelemzés módszertani és erdészeti vonatkozásaival kapcsolatban Majer Antal (Majer 1972) és Szabó Zoltán (Szabó 1975) korai munkássága emelhető ki. De súlyt helyeztek az évgyűrű kronológia készítés hidrometeorológiai vonatkozásainak vizs-

gálatára is (Horváth 1981). Az 1980-as években foglalkoztak először az időjárás viszonyok és az évgyűrű szélessége közötti kapcsolattal (Babos 1983, 1984; Papp 1986), mely akkor kiegészült a napfolttevékenység és a vulkánkitörések évgyűrűszélességet befolyásoló hatásainak vizsgálatával is.

Az elmúlt 20 év során, főleg a klímaváltozási előrejelzések miatt újból lendületet vett a hazai évgyűrűkutatás és számos esettanulmány született a klimatikus viszonyok és fanövekedés közötti összefüggések témakörében, főleg tölgyesekben és bükkösökben (Szabados 2006, 2007; Garamszegi és Kern 2014, 2016; Garamszegi et al. 2020). Az éghajlati változékonysághoz köthetően a fák növekedésére ható egyes termőhelyi tényezők súlyát is vizsgálták (Ladányi és Blanka 2015), sőt elvégezték a hazai erdefenyő állományok komplex dendro-klimatológiai elemzését, kiegészítve az éven belüli sejtsűrűség és a szokatlanul vékony évgyűrűk vizsgálatával (Misi és Náfrádi 2017). Az alföldi térségben a kocsányos tölgy klíma-növekedés kapcsolatát elemezték a Debreceni Nagyerdőben, melyhez statisztikai módszereket alkalmaztak több mint száz éves időtávlatban (Árvai et al. 2018). Ugyancsak az Alföldön az ERTI intenzív monitoring területein az időjárás, elsősorban a csapadék hatását vizsgálták a fák növekedésére (Manninger 2008). A Soproni-hegységben egy, a klímaváltozástól leginkább veszélyeztetett fafajú bükkösben is végeztek elemzéseket az éven belüli és az évek közötti körlapnövekedés időjárás okozta változásaival kapcsolatban (Führer et al. 2016a,b). Összehasonlító dendro-klimatológiai elemzésekre került sor somogyi fiatal cseres és kocsánytalan tölgyes állományokban, különös tekintettel a növedék aszályokra adott reakciójának értékelésére (Móricz et al. 2021). Az átmérő növekedés mellett ritkábban a magassági növekedés mértékének változását is elemezték, hamis idő-

sorok összehasonlításával (Gulyás et al. 2019).

Összefoglalva a hazai évgyűrű vizsgálatok eredményeit megállapítható, hogy az egyes vizsgált fajok növekedése leginkább az évgyűrű-képződés évének tavaszi és nyári időszakainak időjárási viszonyaival van összefüggésben. A tölgyek, de különösen a csertölgy a klímaváltozás egyik nyertese lehet rugalmas alkalmazkodó-képessége miatt, míg a bükk – aszályokra adott reakciója alapján – jóval sérülékenyebb. Magyarországon,



Eltérő szárazságtűrést és növekedést mutató feketefenyő klónok bemutatása ERTI-s és egyetemi munkatársaknak a kisnyomai gyűjteményben, 1979 (balról jobbra: Járó Zoltán, Tuskó László, Bánó István, Halupa Lajos (háttal), Trombitás Tamás, Mátyás Csaba, Gencsi László (háttal), Ujvári Ferenc, Ujváriné Jármay Éva (Fotó: Mátyás Csaba)

több fafajon végzett éven belüli törzsátmérő növekedésment-megfigyelések igazolták, hogy a fák vastagsági szervesanyag-képzésének több mint 80%-a május és augusztus közötti időszakban, a maradék pedig e hónapokat megelőzően, ill. utána történik (Szőnyi 1962; Halupáné 1967; Járó és Tátraaljai 1985; Führer 1995; Manninger 2004; Führer et al. 2016a,b). A mérések azt is bizonyították, hogy a növekedés maximális mértéke júniusra esik, míg az intenzívebb növekedési szakasz a 10 °C-os átlaghőmérsékletet meghaladó napok bekövetkezését követően figyelhető meg. A hőmérsékleten kívül a szervesanyag-képzést a vízellátottság is jelentősen befolyásolja (Járó 1989; Führer 1994, 1995, 2010, 2018; Járó és Führer 2000). Az erdő éves vízforgalmával szorosan összefüggő szervesanyag-képzés fontos szakaszainak, így a fő növekedési időszakasz (V–VIII. hónapok) és a fák egészségi állapotát befolyásoló ún. kritikus periódus (VII–VIII. hónapok) időjárási adatokkal való jellemzése hozzájárult a növekedést szabályozó ökofiziológiai folyamatok alaposabb megértéséhez és a klímaváltozás hatásainak előrejelzéséhez.

Hosszútávú ökofiziológiai vizsgálatok a Síkfőkút Projekt keretében

Mészáros Ilona

Az elmúlt évszázadban számos nemzetközi kutatási program indult el a természetes ökoszisztémák működési folyamatainak a megismerésére. Ezek közül kiemelt jelentőségűek a hosszútávú ökológiai monitorozási programok, amelyek eredményei hozzájárulhatnak az emberi tevékenységgel összefüggő környezeti változásokra adott jelenlegi és jövőben várható ökoszisztéma-válaszok megértéséhez. Az utóbbiak közé tartozik a nemzetközi MAB programhoz kapcsolódva, Magyarországon 1972-ben, Jakucs Pál vezetésével indított és Síkfőkút Projekt néven ismertté vált kutatási program, egy klímazonális cseres-tölgyes erdőállomány komplex erdőökológiai vizsgálata (Jakucs 1985; Tóth 2013). A Síkfőkút Projekt kutatásokban kezdettől fontos szerepet kaptak a növényi ökofiziológiai vizsgálatok, amelyek hangsúlyai az elmúlt 50 év alatt jelentősen változtak.

A kutatási program első szakaszában (1972–1985), hasonlóan az ugyanezen időszak nemzetközi erdőkutatói programjaihoz, a vizsgálatok az erdőállomány biomassza-termelését meghatározó fiziológiai folyamatokra és jellegekre irányultak. Az eredmények rámutattak arra, hogy az elegyes erdőállomány növényzeti szintjeiben (lombkoronaszint, cserjeszint és gyepszint) előforduló fajok a létfontosságú környezeti források (fény, víz- és tápelem ellátottság) fiziológiai hasznosítása szempontjából különböznek és eltérő fiziológiai stratégiákat képviselnek (Papp 1979; Fekete és Tuba 1977; Mészáros 1984; Virágh és Précseyi 1985). Az eredmények alapot jelenthetnek annak a kérdésnek a vizsgálatához is, hogy a fiziológiai diverzitás előnyös lehet-e az elegyes tölgyesek klímaváltozáshoz való alkalmazkodásában.

Az 1970-es évek végén a kutatási terület erdőállományában a kocsánytalan tölgyet érintő fapusztulási folyamat fiziológiai háttér-folyamatainak a vizsgálata került előtérbe. „Egészséges” és „beteg” kocsánytalan tölgy egyedek összehasonlító vizsgálatai során jellemezték a levélszintű és vízszállítási zavarok tünetegyüttest (Mészáros et al. 1991; Béres

et al. 1998), a kettő együttesen járul hozzá a fák vitalitásának a gyengüléséhez és gyakran a pusztulásukhoz. Később, retrospektív megközelítést alkalmazva, évgyűű vizsgálati eredmények felhasználásával, egy nemzetközi összehasonlító vizsgálat keretében feltárták, hogy a fák gyengült állapota hosszú ideig fennállhat. Az elpusztult fák esetében a radiális növekedés alapján a vitalitás gyengülése már a mortalitást megelőző 20–25 évben kimutatható volt (Cailleret et al. 2017, 2019). A tölgypusztulás miatt kialakuló lékekben a megváltozott mikroklamatikus feltételekre egyes cserjefajok (pl. mezei juhar, tatár juhar) viszonylag gyorsan erőteljes magassági növekedéssel reagáltak, és az utóbbi évtizedekben kialakult az állományban egy második lombkoronaszint (Misik et al. 2013). Kimutatták, hogy a tölgypusztulást követő állománydinamika a fafajok törzs-denzitása és körlepősszege térbeli mintázatában nagy heterogenitás kialakulását eredményezte. A megváltozott levélfelületi index (LAI) és abban a fafajok részesedésének a térbeli eloszlása a szervesanyag produkció hasonló változásaira utal (Adorján et al. 2018).

A két tölgyfajnál megfigyelt, eltérő mértékű vitalitásvesztés és fapusztulás indította el a jelenleg is folyó, a stressz-toleranciájukban szerepet játszó fiziológiai stratégiák megismerésére irányuló munkát. A fák ökofiziológiai monitorozásához többféle kutatási megközelítést és *in situ*, nem-destruktív mérési módszert alkalmaznak. Az eredményeink megerősítették, hogy a két faj között nemcsak a levélfenológiában van eltérés (a kocsánytalan tölgyre korai, a csertölgyre pedig késői rügyfakadás jellemző), hanem ezzel összefüggésben korai tavasszal a levélnövekedésük és a fotoszintézis aktivitásuk időbeli dinamikája is különbözik (Szöllősi et al. 2011; Oláh et al. 2012). A lombkoronaszintben végzett vizsgálatok eredményei rámutattak arra, hogy a nyári vízhiányra és hóhullámokra mindkét faj érzékeny és a fotoszintézis aktivitás csökkenésével reagál, de az ezt követő fiziológiai helyreállítás a csertölgy esetében nagyobb mértékű (Szöllősi et al. 2011).



A Műnsteri Egyetem PhD hallgatói tanulmányúton a Sikfőkút projekt helyszínén. Jakucs Pál (balról) és Helmut Lieth¹ professzorok a kutatóház teraszán konzultációt tartanak a látottakról (1987, Fotó: Berki Imre)

¹Helmut Lieth ökológus professzor (1925–2015) a H. Walterrel közösen szerkesztett alapmű, a Klimadiagramm Világatlasz (1967) társszerzője volt

Rövidtávú nedváramlási, izotóp-nyomjelzéses, computer-tomográf technikák együttes alkalmazásával sikerült kimutatni, hogy ugyanazon feltételek között a két tölgyfaj vízhasznosítása eltérést mutat (Tognetti et al. 1996; Béres et al. 1998), szárazságtűrésük eltérő. A kocsánytalan tölgy takarékosabb vízhasznosítási stratégiát követ, amit erősebb sztomatikus szabályozással ér el, sztómái viszonylag mérsékelt talaj vízhiánynál és magasabb levél vízpotenciálnál záródnak, ezáltal csökkenti a transzspirációs vízvesztést, de ugyanakkor a CO₂ felvételt és a fotoszintézis rátát is (Mészáros et al. 2007). A csertölgy kevésbé takarékos vízhasznosítási stratégiájú faj, amelynél gyengébb a sztomatikus kontroll, így az aszályos időszakokban hosszabb ideig, magasabb talajvízdeficit mellett is nyitva tartja a sztómáit, tovább képes fenntartani a CO₂ felvételt és fotoszintézis aktivitást, bár annak az árán, hogy a transzspiráció miatt a levél vízpotenciálja csökken. A csertölgy nagyobb belső, törzsbeli vízraktárral rendelkezik, mint a kocsánytalan tölgy (Béres et al. 1998), ami vízhiány felléptekor szerepet játszik a xylem nedváramlás és a transzspiráció folyamatos fenntartásában (Mészáros et al. 2011).

A klímaváltozással összefüggésben jelentős figyelem fordult az állományalkotó fajok növekedését limitáló klimatikus tényezők feltárására. A Síkfőkút Projekt erdőállományában a két tölgyfaj törzsnövekedését hosszútávú mérésre kiépített finom-időfelbontású dendrométer-rendszerben vizsgálják (Kanalas et al. 2010; Mészáros et al. 2009, 2010, 2011; Adorján et al. 2019). Az eredmények megerősítették a két faj fenológiai eltéréseit, a csertölgy mérsékeltén száraz növekedési szezonban nagyobb radiális növekedést ér el, mint a kocsánytalan tölgy, hosszan tartó aszályok azonban a két faj növekedése közötti különbségeket csökkentik. A dendrométer monitorozási adatok bekerültek a sok fafajra kiterjedő nemzetközi DendroGlobal adatbázisba, a nedváramlási eredmények pedig a SAPFLOW adatbázisba (Poyatos et al. 2021). Mindkettő lehetőséget nyújt arra, hogy különböző földrajzi régiókra kiterjesztett összehasonlító elemzések készüljenek a két faj fiziológiai toleranciájának a megértéséhez.

A két faj növekedésének hosszú-távú trendjeit és klimatikus tényezőkkel való összefüggéseit dendrokronológiai módszerek alkalmazásával retrospektív megközelítéssel is vizsgálják. Az évgűrűkronológiák alapján a két tölgyfaj hosszútávú (110 éves) növekedésmenetének szoros korrelációját állapították meg. A csertölgyre a vizsgált időszakban nagyobb átlagos évgűrűszelesség volt jellemző, ami arra utal, az asszimilátumok nagyobb hányadát allokálja a dendromassa növekedésére, mint a kocsánytalan tölgy. Mindkét faj évenkénti radiális növekedését elsősorban befolyásoló tényező a tavaszi-kora nyári időszakban (március–június) és a megelőző év késő nyári-őszi időszakában (augusztus–október) a csapadék mennyisége, a hőmérsékletnek pedig csak másodlagos szerepe van. Az elemzések arra is rámutattak, hogy az aszályos években jelentkező növekedés visszaesések után a csapadékos vagy átlagos csapadékhozamú években a kocsánytalan tölgy növekedésének a helyreállása hosszabb időt vesz igénybe, mint a csertölgy esetében (Mészáros et al. 2019).

Irodalom

- Adorján B., Oláh V., Csóka Gy., Manninger M., Levanic, T. és Mészáros I. 2019: Intraannual stem radial changes of mature sessile oak (*Quercus petraea* trees in relation to climate. In: Szigyartó et al. (eds.) XV. Környezettudományi Konferencia, Kolozsvár, Ábel Kiadó, 32–37. o.
- Adorján B., Oláh V., Kanalas P., Nyitrai B. és Mészáros I. 2018: Az állománystruktúra és a levélfelület index térbeli mintázatának vizsgálata a síkfőkúti cseres-tölgyes mintaterületen. Természetvédelmi Közlemények 24: 1–14.
- Árvai M., Morgós A. és Kern Z. 2018: Growth-climate relations and the enhancement of drought signals in Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) tree-ring chronology in Eastern Hungary. Forest 11(2): 267–274.
- Babos K. 1983: Néhány fafaj évgyűrűszélességeinek összehasonlítása a napfolttevékenység ciklusával. Botanikai Közlemények 70(1–2): 83–90.
- Babos K. 1984: A csertölgy és néhány más fafaj évgyűrűszélesség és az éves csapadék összefüggés-vizsgálata. Botanikai Közlemények 71: 123–132.
- Béres C., Fenyvesi A., Raschi A. és Ridder H.W. 1998. Field experiment on water transport of oak trees measured by computer tomograph and magnetic resonance imaging. Chemosphere 36(4–5): 925–930.
- Cailleret M., Jansen S., Robert, E.M.R., Desoto L. ... Aakala T. 2017: A synthesis of radial growth patterns preceding tree mortality. Global Change Biology 23(4): 1675–1690.
- Cailleret M., Dakos V., Jansen S., Robert E.M.R., Aakala T. ... Mészáros I. ... Martínez-Vilalta J. 2019: Early-Warning Signals of Individual Tree Mortality Based on Annual Radial Growth. Frontiers in Plant Science 9: 1964.
- Fekete G. és Tuba Z. 1977: Supraindividual versus individual homogeneity of photosynthetic pigments: a study on community structure. Acta Botanica Hungarica 23: 319–331.
- Führer E. 1994: Csapadékmérések bükkös-, kocsánytalan tölgyes- és bükkös ökoszisztémában. Erdészeti Kutatások 84: 11–35.
- Führer E. 1995: Az időjárás változásának hatása az erdő fatermőképességére és egészségi állapotára. Erdészeti Lapok 130(6): 176–178.
- Führer E. 2010: A fák növekedése és a klíma. „KLÍMA-21” Füzetek, 61: 98–107.
- Führer E. 2018: A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 27–42.
- Führer E., Edelényi M., Horváth L., Jagodics A., Jereb L., Kern Z., Móring A., Szabados I. és Pödör Z. 2016a: Effect of weather conditions on annual and intra-annual basal area increments of a beech stand in the Sopron Mountains in Hungary. Időjárás 120(2): 127–161.
- Führer E., Edelényi M., Jagodics A., Jereb L., Horváth L., Kern Z., Móring A., Szabados I. és Pödör Z. 2016b: Az időjárás hatása egy időskorú bükkös évenkénti körlap-növekedésére. Erdészettudományi Közlemények 6(1): 61–78.
- Führer E. és Járó Z. 2000: Az aszály és a belvíz érvényesülése a Nagyalföld erdőművelésében I. Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai 12: 144 o.
- Garamszegi B. és Kern Z. 2014: Climate influence on radial growth of *Fagus sylvatica* growing near the edge of its distribution in Bükk Mts., Hungary. Dendrobiology 72: 89–97.
- Garamszegi B. és Kern Z. 2016: Hazai bükkösök körlap-növekedésének trendjei a változó klíma tükrében. Erdészettudományi Közlemények 6(1): 35–44.

- Garamszegi B., Kázmér M., Kolozs L. és Kern Z. 2020: Changing climatic sensitivity and effects of drought frequency on the radial growth of *Fagus sylvatica* at the xeric frontiers of Central Europe. *Időjárás* 124: 227–251.
- Gulyás K., Móricz N., Rasztovits E., Horváth A., Balázs P. és Berki I. 2019: Accelerated Height Growth Versus Mortality of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. in Hungary. *South-east European Forestry* 10(1): 1–7.
- Halupa L.-né 1967: Adatok a sziki tölgyesek növekedési menetének vizsgálatából. *Erdészeti Kutatások* 63: 95–108.
- Horváth E. 1981: Az évgyűrű kronológia készítés hidrometeorológiai vonatkozása. In: Magyar Hidrológiai Társaság II. Országos Vándorgyűlése, Pécs, 1981. július 1–2. 129–134. o.
- Jakucs P. 1985: Ecology of an oak forest in Hungary. *Academia Press, Budapest* 250 o.
- Járó Z. 1989: Az erdő vízforgalma. *Az Erdő* 34(8): 352–355.
- Járó Z. és Tátraaljai E.-né 1985: A fák éves növekedése. *Erdészeti Kutatások* 76–77: 221–234.
- Kanalas P., Fenyvesi A., Kis J., Szöllősi E., Oláh V., Ander I. és Mészáros I. 2010: Seasonal and diurnal variability in sapflow intensity of mature sessile oak (*Quercus petraea*) trees in relation to microclimatic conditions, *Acta Biologica Hungarica* 61: 95–108.
- Kulin Gy. 1941: A fák évgyűrűi és a napfoltperiódus. *Csillagászati Lapok* 4: 33–37.
- Ladányi Zs. és Blanka V. 2015: Tree-ring width and its interrelation with environmental parameters: case study in Central Hungary. *Journal of Environmental Geography* 8/3–4: 53–59.
- Majer A. 1972: Évgyűrű-kronológia. *Az Erdő* 21(4): 164–171.
- Manninger M. 2004: Erdei fák éves és korszaki növekedésmenete és kapcsolódása egyes ökológiai tényezőkhöz. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.): *Erdő és klíma IV. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron* 151–162. o.
- Manninger M. 2008: A növekedés és a csapadék összefüggései az alföldi mérések alapján. In: Szulcsán G. (szerk.) *Kutatói nap, tudományos eredmények a gyakorlatban. Alföldi Erdőkért Egyesület kiadványa, Szeged* 50–53. o.
- Mészáros I. 1984: Concentrations of photosynthetic pigments in a turkey-oak forest and at its edge. *Acta Botanica Hungarica* 30 (1-2): 209–216.
- Mészáros I. 1991: Comparative study of healthy and declining sessile oak trees., In: Reuter M., Kirchner M., Kirchinger E., Reiter H., Rösel K., Pfeifer U. (eds.) *Proceedings Expertentagung Waldshadensforschung im östlichen Mitteleuropa und in Bayern.* 511–519. o.
- Mészáros I, Fenyvesi A, Kanalas P, Szöllősi E, Oláh V, Ander I, Veres Sz. és Láposi R. 2009: Középhegységi zonális erdők fafajainak ökofiziológiája, különös tekintettel a klímaérzékenyséjükre. *Botanikai Közlemények* 96: 15–17.
- Mészáros I., Kanalas P., Fenyvesi A., Szöllősi E., Oláh V., Ander I. és Kis J. 2010: Időjárás fluktuációk hatása a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) és a csertölgy (*Quercus cerris*) ökofiziológiai folyamataira. In: Bartha S., Nagy Z. (szerk.): *Botanikai, Növényélettani és Ökológiai Kutatások. Tuba Zoltán professzor úr emlékének, Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Növénytani és Ökofiziológiai Intézet,* 85–98. o.
- Mészáros I., Kanalas P., Fenyvesi A., Kis J., Nyitrai B., Szöllősi E., Oláh V., Demeter Z., Lakatos Á. és Ander I. 2011. Diurnal and seasonal changes in stem radius increment and sap flow density indicate different responses of two co-existing oak species to drought stress. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 7: 97–108.
- Mészáros I., Koncz P., Veres Sz., Oláh V., Kanalas P. és Szöllősi E. 2007: A kocsánytalan tölgy és a csertölgy ökofiziológiai sajátosságai kontrasztos időjárású években. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.) *V. Erdő és klíma, Nyugat-magyarországi Egyetem,* 183–198. o.

- Mészáros I., Nyitrai B., Kanalas P., Oláh V. és Adorján B. 2019: Long-term radial growth and growth climate relationships of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus cerris* L. in a xeric low elevation site from Hungary. In: Battipaglia, G. és Marzaioli R. (eds.) Proceedings of the Tree rings in Archaeology, Climatology and Ecology –TRACE 2019, San Leucio-Caserta, 7-11 May 172 (poster) IBN 972-12-200-4834-7
- Misi D. és Náfrádi K. 2017: Growth response of Scots pine to changing climatic conditions of the last 100 years: a case study from Western Hungary. *Trees – Structure and Function* 31: 919–928.
- Misik T., Varga K., Veres Zs., Kárász I. és Tóthmérész B. 2013: Long-term response of understorey cover, basal area and diversity to stand density in a mixed oak forest on the Síkfőkút plot in Hungary. *Journal of Forest Science* 59: 319–327.
- Móricz N., Illés G., Mészáros I., Garamszegi B., Berki I., Bakacsi Zs., Kámpel J., Szabó O., Rasztovits E., Cseke K., Bereczki K. és Németh T.M. 2021: Different drought sensitivity traits of young sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) and Turkey oak (*Quercus cerris* L.) stands along a precipitation gradient in Hungary. *Forest Ecology and Management* 492, 119165
- Oláh V., Szöllösi E., Lakatos Á., Kanalas P., Nyitrai B. és Mészáros I. 2012: Springtime leaf development of mature sessile oak trees as based on multi-seasonal monitoring data. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 8: 21–30.
- Papp B.L. 1979: Die Nettoproduktion der Bäume eines Quercetum petraeae-cerris-Waldes auf der Probestfläche von Síkfőkút (Nord-Ungarn). *Acta Botanica Academia Scientiarum Hungarica* 25(1-2): 113–123.
- Papp Z. 1986: A hőmérséklet, a csapadék és az évgyűrűszélességek időbeli változásának összehasonlítása a naptevékenység ciklusaival. *Botanikai közlemények* 73: 113–122.
- Poyatos R., Granda V., Flo V., Adams M.A.... Adorján B. 2021: Global transpiration data from sap flow measurements: the SAPFLUXNET database. *Earth System Science Data* 13: (6) 2607–2649.
- Szabados I. 2006: The effect of the precipitation on the tree ring width. *Carpathian J. Earth Environment* 1/2: 39–44.
- Szabados I. 2007: Időjárás fluktuáció hatása a produkcióra dendrokronológiai kutatások alapján. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.): *Erdő és Klíma* 5, Sopron, 259–306.
- Szabó Z. 1975: Dendrokronológia. Gépelt kézirat, 22 o..
- Szöllösi E., Oláh V., Kanalas P., Kis J., Nyitrai B., Sárvári É., Solti Á. és Mészáros, I. 2011: Physiological responses of two co-existing oak species in years with contrasting climatic conditions. *Acta Biologica Szegediensis* 55(1): 169–174
- Szőnyi L. 1962: Adatok néhány fafaj vastagsági növekedéséhez. *Az Erdő* 11(7): 289–300.
- Tognetti R., Raschi A., Béres C., Fenyvesi, A. és Ridder, H.W. 196: Comparison of sap flow, cavitation and water status of *Quercus petraea* and *Quercus cerris* trees with special reference to computer tomography. *Plant, Cell and Environment* 19(8): 928–938.
- Tóth J. A. 2013: 40 éve az erdőökológiai kutatás szolgálatában: A Síkfőkút Project. *Erdészettudományi Közlemények* 3(1): 7–19.
- Tuba Z. 1977: Examination of the vertical pigment structure in an oak forest. *Acta Botanica Hungarica* 23: 413–426.
- Virágh K. és Précsényi I. 1985: Leaf growth investigations on trees. In: Jakucs P. (szerk.): *Ecology of an oak forest in Hungary*. Academic Press, Budapest, 229–259. o.

Erdőgazdálkodás és a biodiverzitás

Erdőrezervátum kutatás

Bidló András és Bartha Dénes

A természetes erdei ökoszisztémákban lejátszódó folyamatok megismerése az erdészeti kutatás középpontjában áll, ugyanakkor hazánkban és Közép-Európában ma alig található érintetlen erdők, ahol ezen folyamatokat meg lehet figyelni. Az őserdők fokozatos eltűnésével egyidejűleg Kaán Károly fogalmazta meg azt a gondolatot, hogy meg kell őrizni azokat az állományokat, amelyek fenntartása nemzeti érdekből indokolt (Kaán 1909). A javasolt 20 állomány mindegyike a Kárpátokban volt, ezeket a trianoni döntés elszakította (Horváth et al. 2020), ezután Kaán javasolta olyan állományok fenntartását, főleg megmaradt hegyvidékeinken, de a síkvidékeken is, amelyek ősi jellegüket megtartották (Kaán 1931). Sajnos e javaslat nem valósult meg.

Az 1980-as években az Erdőmérnöki Karon elsőként Agócs József hívta fel a figyelmet az erdőállományokban lejátszódó természeti folyamatok megismerésének fontosságára, és egy erdőrezervátum hálózat létrehozására (Agócs és Molnár 1996). Ezzel egyidőben Czájlik Péter kezdeményezett erdőszerkezet-vizsgálatokat diákok és egyetemi hallgatók bevonásával a mátrai Csörgő-völgyben (Czájlik 1990), és a későbbi Kékes-Észak erdőrezervátum területén (Czájlik 1991a,b, 1999; Czájlik et al. 1993). E vizsgálatok alapján 1990-ben javasolta a Kékes-Észak erdőrezervátum kijelölését, illetve ő is szorgalmazta egy erdőrezervátum hálózat létrehozását hazánkban.

Az 581/1991. számú kormányhatározat a Földművelésügyi Minisztérium és a Környezet- és Területfejlesztési Minisztérium közös feladatává tette a hazai erdőrezervátum-hálózat kijelölését és fenntartását. Az illetékes minisztériumok életre hívták az Országos Erdőrezervátum Bizottságot (Temesi 1993), közben az erdőrezervátum gondolat a szakmában és a kutatók táborában is támogatást kapott. Széles körű szakmai vita folyt arról, hogy mi a rezervátumok célja és mi alapján történjen a kijelölés (Holdampf 1992; Mátyás 1993; Reményfy 1993; Somogyi 1994; Apatóczy 1994). A szakmai közvélemény kialakította az erdőrezervátumokkal kapcsolatos követelményeket, amelyek közül a legfontosabbak:

- az erdőrezervátum a háborítatlan erdőállományokban lezajló dinamikus folyamatok (szukcesszió) megfigyelésére szolgál,
- a magterületen – a kutatás kivételével – minden emberi tevékenységet be kell szüntetni, hogy az erdő természetes fejlődési folyamatai szabadon érvényre juthassanak,
- lehetőleg olyan állományokat kell kijelölni, amelyek hosszabb idő óta emberi beavatkozástól mentesek.

Nem mellékes az sem, hogy az erdőrezervátumok a gazdálkodás alatt álló területekről kiszorult fajok számára refúgiumként és a visszatelepülés bázisaként szolgálhatnak, ezzel is hozzájárulhatnak a bioszféra stabilitásának megőrzéséhez (Horváth és Czájlik 2002).

Az erdőrezervátumok kijelölése elsőként a Soproni Egyetem Növénytani Tanszéke (Mátyás 1993), majd az Erdészeti Tudományos Intézet koordinálásával (Temesi 1993; Czajlik 1994a,b) indult el. A természet védelméről szóló 1996. évi LIII. törvény bevezette az „erdőrezervátum” fogalmát, és a természetvédelemért felelős minisztert hatalmazta fel a védett természeti terület alapkategóriába sorolt erdőrezervátummá nyilvánítással. A törvény szerint „az erdei ökoszisztéma rezervátum (röviden erdőrezervátum) természetvédelmi oltalom alatt álló olyan erdőterület, amely természetes, vagy természetserű erdei ökológiai rendszer megővését, az ökológiai, a szukcessziós, a genetikai és evolúciós törvényszerűségek szabad érvényesülésének biztosítását, továbbá a tudományos kutatás céljait szolgálja” (Temesi 1993). A fentiek értelmében az erdőrezervátum védett erdőterület, fokozottan védett magterületből és védett védőzónából áll. A magterületen minden közvetlen emberi tevékenységet – elsősorban az erdőgazdálkodást – végérvényesen be- szüntetnek annak érdekében, hogy az erdő természetes folyamatai zavartalanul és hosszú távon érvényre juthassanak és azok megismerhetővé, tanulmányozhatóvá váljanak. Az erdőrezervátumokban a zavartalanul érvényesülő (természetes) erdei folyamatok vizsgálata a legfontosabb. Az alaptudományos érdeklődésen felül e kutatásoknak olyan ismeretek szerzése is a célja, amelyek elősegítik egy kíméletesebb, a mai kor sokrétű igényeinek jobban megfelelő erdőgazdálkodás/erdőkezelés kialakítását.

A rezervátum-kutatás elindulásával a vácrátóti Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet gondozásában 1997-ben létrejött az Erdőrezervátum Archívum (erdorezervatum.hu), amely a legfontosabb kutatási eredmények és publikációk tára. 1998 és 1999 között megtörtént az erdőrezervátumok országos szemlézése, amely során a 63 rezervátumot elsősorban az erdődinamikai kutathatóság alapján osztályozták, s négy csoportba (megőrzésre, eseménykövetésre, monitorozásra, célorientált kutatásra alkalmas) sorolták be. A felmérés során egységes leírás készült a rezervátumokat alkotó egyes erdőrészekről. 1999–2000-ben egységes metodika alapján valamennyi erdőrezervátumra elkészültek a hosszútávú fenntartási tervek is. A felméréseket követően összeállított értékelés legfőbb megállapítása az volt, hogy az erdőrezervátumok 35%-ában az általános hazai állapotokat elérő vagy meghaladó veszélyeztetettség áll fenn. Ennek okait a természetes vadeltartó képességet messze meghaladó túltartott nagyvadállományban, a védőzónában változatlan koncepcióval és technológiával folytatott fahasználati munkálatokban és az inváziós fafajok terjedésében jelölték meg. Mindez felhívta a figyelmet az erdőrezervátumok gyakorlati védelmének szükségességére, s alátámasztotta a hosszú távú fenntartási tervek elkészítése után a természetvédelmi kezelési tervek kidolgozásának és érvényesítésének szükségességét (Bartha és Esztó 2002).

A 2002-ben megjelent összefoglaló kötet nemcsak az erdőrezervátum-kutatás feladatait és módszereit (Bidló et al. 2002; Standovár 2002; Somogyi 2002), hanem a rezervátumok főbb jellemzőit (Bartha és Esztó 2002) és a program jogi és szervezeti hátterét (Temesi et al. 2002) is ismertette. A kötet alapvetően meghatározta a következő évtizedek kutatási célkitűzéseit és módszereit.

Az MTA Ökológiai Kutatóközpont Ökológiai és Botanikai Intézete 2001-ben indította útjára „Az erdőrezervátum kutatása eredményei” sorozatot. Az eddig megjelent há-

rom kötet a rezervátumokban folytatott kutatás eredményeit (Borhidi és Horváth 2001), a Kárpát-medencében fennmaradt őserdők dokumentációját (Bartha és Oroszi 2002) és a Kékes-Észak őserdő maradvány történetét (Czajlik 2009) tárja fel.

A sorozat megjelenésével egyidejűleg, 2003 és 2009 között a KvVM és FVM támogatásával aktív munka folyt az egyes erdőrezervátumokban végzendő termőhelyi, faállomány-szerkezeti, újulati és cserjeszinti, továbbá aljnövényzeti felmérési módszerek kidolgozására és egységesítésére². Ezt követően elsősorban az Ökológiai és Botanikai Intézet, a soproni Erdőmérnöki Kar és a Pécsi Tudományegyetem munkatársai számos erdőrezervátum alapfelmérését végezték el (soproni Hidegvíz-völgy, bükki Vár-hegy, mátrai Kékes-Észak, szalafői Őserdő, bükki Őserdő, Kőszegi-forrás, Kecskés-galya, Nagy Istrázsa-hegy, Bükkhát, Juhdöglő-völgy, Vétyem, Dédai-erdő, Bockerek, Fényi-erdő, Újszentmargitai Tilos-erdő, Baktai-erdő és Vaskereszt erdőrezervátum). Az eredményekről nagyszámú publikáció készült.

2018 óta jelennek meg az ELKH Ökológiai Kutatóközpont kiadásában az „Erdőrezervátum Füzetek”, amelyek tudományos-ismeretterjesztő összefoglaló dolgozatokat közölnek egy-egy felmért erdőrezervátumról. Eddig négy füzet látott napvilágot, amelyek bemutatják a Fényi-erdőben (Horváth et al. 2018), az újszentmargitai Tilos-erdőben (Horváth et al. 2019), a baktai erdőrezervátumban (Horváth et al. 2021a) és a Kékes erdőrezervátumban (Horváth et al. 2021b) végzett felmérések és egyéb kutatások eredményeit. A szisztematikus felmérések mellett az erdőrezervátumok kutatási helyszíneként is szolgálnak, ahol közel természetes állapotok mellett lehet az egyes fajokat, illetve ökológiai folyamatokat megfigyelni (pl. Turcsányi et al. 2002).

A hazai erdőrezervátumok közül – az állománytípusok országos elterjedtségéhez képest – a bükkös jellegűek túlreprezentáltak, míg a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek és cseres-tölgyes jellegűek sokkal kisebb mértékben képviseltetik magukat, mint amekkora szerepük és jelentőségük van ezen állománytípusoknak a Kárpát-medencében. Az erdőrezervátum programnak ez a szembetűnő gyengesége (Bartha és Esztó 2002) külön kiemeli és felértékeli a Rózsakúti Üzemi erdőrezervátum jelentőségét, amelyet a Pilisi Parkerdő Zrt. 2021-ben egy Galgamácsa melletti területen hozott létre. Ezen üzemi erdőrezervátumok további kijelölése várható, annál is inkább, mert az erdőrezervátum programot 2021 óta az Agrárminisztérium Erdészeti Főosztálya irányítja.

Bár az elmúlt évtizedekben több rezervátum felmérése készült el, de átfogó, a rezervátumok nagy részét magába foglaló felmérésre még nem került sor. A következő évek-évtizedek feladata, hogy egységes módszerrel, minden rezervátumban megtörténjen az alapfelmérés, ami lehetővé tenné a változások nyomon követését.

²A Pannon régióra jellemző természetes, természetközeli erdők szerkezetének, dinamikájának és biodiverzitásának vizsgálata és elemzése Magyarország erdőrezervátum-hálózatában. NKFP projekt, vezető: Mátyás Cs., 2004

Az erdőgazdálkodás biodiverzitásra gyakorolt hatásai

Ódor Péter

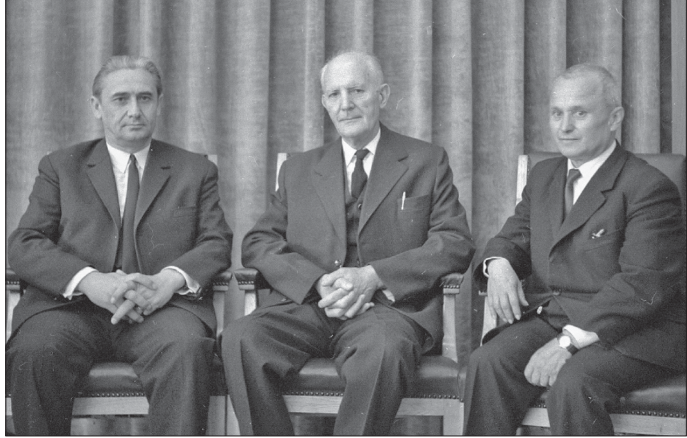
Az 1990-es évektől kezdve egyre növekvő társadalmi elvárás az erdei biodiverzitás megőrzése az erdőgazdálkodás során. Nagyon fontos, hogy harmóniát alakítsunk ki a faanyagtermeléssel érintett erdőkben a gazdasági és a védelmi funkcióik között, amikbe az erdei élővilág védelmén kívül beletartozik a termőhely védelme is. A biodiverzitás kutatás magában foglalja az életközösségek funkcionális és faji összetételének elemzését is. Mivel az erdei életközösség sok élőlénycsoport közötti és azokon belüli interakciók hálózatát foglalja magában, az erdei biodiverzitás kutatásában egyre nagyobb szerepet kapnak a több élőlénycsoportra kiterjedő (multi-taxon) vizsgálatok. A faanyagtermelés közvetve a teljes erdei életközösségre hat a termőhelyi viszonyok, faállomány-összetétel és -szerkezet, valamint a mikroélőhelyek megváltoztatásán keresztül. Az ökológiai értelemben is fenntartható erdőgazdálkodás kialakításához egyre fontosabb az erdőgazdálkodás – faállomány – termőhely – biodiverzitás összefüggéseinek feltárása.

A '90-es évektől kezdve az erdőgazdálkodási módok diverzifikációja figyelhető meg Magyarországon az erdők stabilitása és védelmi funkcióinak növelése érdekében. A vágásos üzemmód mellett megjelent az átalakító (átmeneti), illetve a száraló (örökerdő) üzemmód, megfogalmazódott a természetvédelmi erdőkezelés funkciója, és a vágásos üzemmódon belül is a beavatkozások egyre változatosabb tér- és időléptékű kialakítása jellemző (csoportos gyérítések, száralóvágások, kulisszás felújítások). Változik a gazdálkodók viszonyulása a holtfához, cserjeszinthez és elegyességhez is. Az erdőgazdálkodás és biodiverzitás összefüggéseit 2004 óta vizsgálja Ódor Péter és kutatócsoportja, 2004 és 2011 között az ELTE Biológiai Intézetében, 2011 után pedig az Ökológiai Kutatóközpont Ökológiai és Botanikai Intézetében.

A 2004–2014 között zajló Őrs-Erdő projekt keretén belül őrségi gazdasági erdőkben vizsgálták a faállomány és a biodiverzitás összefüggéseit, több élőlénycsoportra vonatkozóan (Ódor 2015, URL.1). Idős, eltérő fafaj-összetételű erdőkben mérték fel a faállomány, a termőhely és a táji viszonyok jellemzőit és tárták fel a biodiverzitás szempontjából legfontosabb háttértényezőket (Tinya et al. 2021). Több élőlénycsoportot vizsgáltak, mint az aljnövényzet (Márialigeti et al. 2016), mohák és zuzmók (Ódor et al. 2013; Király et al. 2013; Márialigeti et al. 2009), gombák (Kutszegi et al. 2015, 2021), futóbogarak, pókok (Samu et al. 2014) és madarak (Mag és Ódor 2015) különböző funkcionális csoportjait. Az erdőállományok fafaj diverzitása több élőlénycsoport fajgazdagságát közvetlenül növelte (pl. epifiton mohák), vagy közvetett hatásokon keresztül (lágyszárú növények, újul, pókok). A közösségek fajösszetételét alapvetően meghatározta a fafaj-összetétel, vagyis az eltérő fafajú állományok jelenléte a tájban nagymértékben növelte a tájszintű biodiverzitást. Számos élőlénycsoport fajgazdagságát növelte a cserjeszint jelenléte (mohák, zuzmók, futóbogarak, pókok), elsősorban a mikroklíma stabilizációja (Kovács et al. 2017), illetve mikroélőhelyek létrejötté révén. A mohák, gombák, rovarok számára fontos a kiegyenlített, humid mikroklíma; az edényes növények, zuzmók számára a megfelelő

fény mennyiségének egyidejű biztosítása, változatos záródásviszonyok kialakítása révén (Tinya et al. 2009, 2019a; Tinya és Ódor 2016). Számos élőlénycsoport (szaproxyll gombák, madarak, futóbogarak) biodiverzitását meghatározta a holtfa jelenléte (Tinya et al. 2021; Ódor 2015).

Az erdőgazdálkodás biodiverzitásra gyakorolt hatásait közvetlenül hosszútávú terepi kísérletek keretében lehet vizsgálni, mint amilyen az Ökológiai Kutatóközpont és a Pilisi Parkerdő Zrt. együttműködésében megvalósuló Pilis Üzem-mód és Pilis Lék Kísérlet (Ódor et al. 2020, URL.2). A 2014-ben létrehozott Pilis Üzem-mód kísérletben a vágásos és az örökerdő üzem-mód keretében használt beavatkozási módok hatásait vizsgálták idős gyertyános-



Az 1970. évi erdészettudományi konferencia kitüntetettjei (balról): Majer Antal (1920–1995), Babos Imre (1901–1979) és Bánó István (1917–1995). Elkötelezett munkásságuk meghatározó volt az erdőművelési, az ökológiai és a nemesítési kutatás hazai fejlődésére (Forrás: ERTI archívum)

tölgyesben, mint a tarvágás, hagyásfacsoport, bontóvágás, lékvágás, amiket kontrollként a zárt állományhoz hasonlítanak. A lékekben a kedvező fényviszonyok ellenére a kontrolltól csak kismértékben eltérő mikroklíma viszonyok uralkodtak, elsősorban a megnövekedett talajnedvesség miatt, míg a vágásterületet szélsőséges mikroklíma, jelentős napi hőingás jellemezte (Kovács et al. 2018, 2020). Mindkét kezelésben a felújulás szempontjából hasonlóan kedvező viszonyok uralkodtak (Tinya et al. 2020). Az aljnövényzet borítása e kezeléseknél megnőtt, viszont míg a lék megőrizte erdei jellegét, a vágásterületen nem erdei kísérő fajok voltak a meghatározók (Tinya et al. 2019b). A pókok és futóbogarak esetében elsősorban a funkcionális összetétel változott meg: a vágásterületen és a hagyásfacsoportban feldúsultak a nem erdei elemek, míg ez a lékben nem következett be (Elek et al. 2022; Samu et al. 2021). A kezelésekre legérzékenyebben a talajlakó állatok reagáltak, amelyek visszaszorultak a vágásterületen és a hagyásfacsoportban a kedvezőtlen talajnedvesség és mikroklíma viszonyok miatt (Boros et al. 2019; Elek et al. 2018). A bontóvágás a termőhelyet és az életközösségeket kevésbé változtatta meg, a hagyásfacsoport a növényközösségek esetében jobban, állatközösségek esetében kevésbé őrizte meg az erdei jellegét. Az eredmények megerősítették, hogy a folyamatos erdőborítás keretében a faanyagtermelés során kialakított lékek, illetve alacsonyabb záródású állományok mind a természetes felújítás, mind az erdők védelmi funkcióinak megőrzése szempontjából kedvező feltételeket teremtenek. A 2018-ban indult Pilis Lék kísérlet keretében eltérő méretű és alakú

lékek esetében vizsgálják a termőhely és biodiverzitás változásait, valamint kiemelten a kocsánytalan tölgy felújulását. Az előzetes eredmények alapján megállapítható, hogy míg a fényviszonyokat a lékek mérete határozta meg, a talajnedvesség mintázatát a lék alakja jobban befolyásolta (l. még az Erdőművelés fejezetben).

Természetmegőrzést célzó erdőkezelés ökológiai alapjai

Standovár Tibor

Európa, s benne Magyarország potenciális természetes vegetációjában az erdőknek a mainál sokkal nagyobb szerepe volt. Ennek megfelelően kontinensünk őshonos fajainak is jelentős része erdőkhez kötött. Létfeltételeiket, fennmaradási esélyüket az erdőterület drasztikus csökkenésén túl az is veszélyezteti, hogy a napjainkra megmaradt erdők összetétele, szerkezete és működése a több évezredes emberi tevékenység hatására jelentősen átalakult. Az eredeti biodiverzitás megőrzésének fontossága egyre szélesebb körben felismert cél, így kiemelt jelentőségűek az olyan ökológiai kutatások, amelyek az erdők természetes összetételének, szerkezetének és működésének különböző aspektusait tárják fel. Nehézséget jelent a vizsgálható természetes referencia hiánya, valamint az erdő „lassúsága”, vagyis a megismerni kívánt folyamatok időléptéke.

Az ELTE kutatócsoportjában az elmúlt 35 évben különböző tér- és időléptékű megfigyeléses vizsgálatok és terepi kísérletek kombinációjában folytak a kutatások. A Völgyfő Projekt keretében finom léptékű termőhelyi változatosság vizsgálata folyt a lágyszárú



Roth Gyula (1873–1961) Kossuth-díjjal elismert, korszakos tudományos tevékenységének meghatározó része volt a természetközeli erdőművelés előmozdítása. A képen megemlékező beszédét tartja Ambrózy Migazzi István síremlékénél, Magyar Pál kísérletében (Jeli Arborétum, 1960. május 6. – Savaria Múzeum Történettudományi Osztálya Gyűjteményéből)

növényfajok, valamint a faállomány növekedése, vitalitása mintázatainak értelmezésére egy kocsánytalan tölgyes erdő-részletben (Standovár és Somogyi 1992, 1998; Standovár és Rajkai 1994).

Spontán erődinamikai változások vizsgálatának legjobb terepei az erdőrezervátumok. Hosszú távú faállomány-dinamikai vizsgálatokat az Északi-khg. erdőrezervátumaiban végeznek egyrészt állandósított mintaterületeken, faegyed szinten, másrészt

légifotó idősorok elemzésével vizsgálják a lékdinamika jellemzőit. Megállapították, hogy a vizsgált bükkös erdőrezervátumokban uralkodnak a kisméretű (20–100 m²-es) lékek. Minél eredetibb, természetesebb egy erdőrezervátum, annál stabilabbak a lékdinamikai jellemzők (Kenderes et al. 2008, 2009). A Kékes Erdőrezervátum állandósított mintaterületén a lágyszárú szint idősoros vizsgálatával kimutatták, hogy az állomány léptékben stabil fajösszetétel háttérben lokálisan intenzív, a faállomány-dinamika által kiváltott fajkicserélődés zajlik (Standovár et al. 2017).

Összehasonlító vizsgálatokkal elemezték különböző módon kezelt és referencia (erdőrezervátum) állományok faállomány-szerkezetének, holtfa viszonyainak összefüggéseit a lágyszárú-, moha- és gomba közösségek fajösszetételével, diverzitásával. A kezeletlen állományok változatosabb faállomány-szerkezete és jobb holtfa ellátottsága a vizsgált élőlénycsoportok fajgazdagságában és összetételében (specialista fajok előfordulásában) is kimutatható (Kenderes és Standovár 2003; Standovár et al. 2006; Ódor et al. 2006; Paillet et al. 2010; Heilmann-Clausen et al. 2014).

Eltérő domborzati helyzetű és kezelés történetű erdők természetes bolygatásokra (szél, jég) való érzékenységet elemezve megállapítható, hogy a domborzati meghatározottság mellett a megelőző fahasználatokkal összefüggő állományjellemzők is befolyásolják az érzékenységet (Kenderes et al. 2007; Aszalós et al. 2004, 2012; Zoltán et al. 2021).

Korábban más művelési ágban használt, másodlagos (telepített) és történeti adatok alapján folyamatosan faállománnyal borított, ún. elsődleges erdők növényzetének összehasonlító vizsgálatával kimutatható, hogy még az idős, 100 év feletti másodlagos állományokból is hiányoznak egyes – terjedőképességükben korlátozott – zárterdei specialista fajok, míg a kompetitív fajok nagyobb számban jelentek meg (Kelemen et al. 2014).

Börzsönyi bükkös állományban kísérletesen vizsgálták az eltérő lékméret hatását az abiotikus feltételekre (fény, talajnedvesség), az újulatra és lágyszárúakra. A bükk felújulását a nagy (1,5 famagasság) lékekben negatívan befolyásolta a magterjedés korlátozottsága, viszont elősegítette a fényintenzitás növekedése, valamint a sűrű aljnövényzet védelme. A pionír fafajok (kecskefűz, rezgő nyár) a nagy lékek közepén jelentek meg (Mihók et al. 2005). A fény- és talajnedvesség változásának megfelelően az eltérő stratégiájú lágyszárúak eltérő mintázatban és dinamikával jelentek meg a kis (0,5 fahossz) és nagy lékekben. Mindkét lékméret esetén a zárt erdőállapot fajai túléltek, a tipikus lékfajok megjelentek. A nem egyértelműen erdei gyom- és vágásfajok csak a nagy lékek legerősebben megvilágított zónájában jelentek meg (Gálhidy et al. 2006; Kelemen et al. 2012).

A fenti munkákkal párhuzamosan folytak a hazai erdőállapot/erdőtermészetesség vizsgálatok. E vizsgálatok térbeli lefedésükben eltértek: összes hazai erdőrészlet (NÖSZTÉP Projekt: Tanács és Standovár 2021); reprezentatív minta a magyar erdőkre (TERMERD Projekt: Bartha et al. 2003, 2006; Bartha és Gálhidy 2007; Kenderes et al. 2007), illetve nagyobb tájrészletek finom térbeli lefedésű leírása (Svájci Hozzájárulás Projekt: Standovár et al. 2016, 2017) szintjén. Míg a NÖSZTÉP értékelés kizárólag az Országos Erdőállomány Adattár adataira alapozott, addig a másik két értékelés többféle változó terepi mintavételezésével gyűjtött adatokon alapult. (A természetességről l. még az Erdészeti növénytan és Erdőművelés fejezeteit).

Irodalom

- Agócs J. és Molnár G. 1996: Erdőéltetés. *Tilia* 2: 3–262.
- Apatóczy I. 1994: Rezerváció erdőrezervátum ügyben. *Erdészeti Lapok* 129(5): 148.
- Aszalós R., Somodi I., Kenderes K., Ruff J., Czúcz B. és Standovár T. 2012: Accurate prediction of ice disturbance in European deciduous forests with Generalized Linear Models: a comparison of field-based and airborne-based approaches. *European Journal of Forest Research* 131(6): 1905–1915.
- Aszalós R., Standovár T., Ruff J. és Barton Zs. 2004: A börzsönyi jégtörések okairól az országosan egyre nagyobb területet érintő jégtörések fényében. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.): *Erdő és Klíma IV.*, 249–262. o.
- Bartha D., Bölöni J., Ódor P., Standovár T., Szmorad F. és Tímár G. 2003: A magyarországi erdők természetességének vizsgálata. *Erdészeti Lapok* 138(3): 73–75.
- Bartha D. és Esztó P. 2002: Az erdőrezervátumok bemutatása az Országos Erdőállomány Adattár alapján. In: Horváth F. és Borhidi A. (szerk.): *A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. A KvvM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei* 8: 60–82.
- Bartha D. és Gálhidy L. (szerk.) 2007: *A magyarországi erdők természetessége. WWF füzetek* 27., 44 o.
- Bartha D., Ódor P., Horváth T., Tímár G., Kenderes K., Standovár T., Bölöni J., Szmorad F., Bodoncz L. és Aszalós R. 2006: Relationship of tree stand heterogeneity and forest naturalness. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 2: 7–22.
- Bartha D. és Oroszi S. 2002::A Kárpát-medence őserdeinek leírása (XIX–XX. század). *Az erdőrezervátum-kutatás eredményei* 2(1): 1–396.
- Bidló A., Bölöni J., Czájlik P., Forró E., Hahn I. ... és Traser Gy. 2002: Az erdőrezervátum kutatás stratégiája és módszertana. In: Horváth F. és Borhidi A. (szerk.): *A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. A KvvM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei* 8: 88–235.
- Boros G., Kovács B. és Ódor P. 2019: Green tree retention enhances negative short-term effects of clear-cutting on enchytraeid assemblages in a temperate forest. *Applied Soil Ecology* 136: 106–115.
- Czájlik P. 1990: A Csörgő-völgyi Erdődinamikai project célja, az eddig elvégzett munkák, a jelenlegi helyzet. *A Helyzet* 2(5): 19–21.
- Czájlik P. 1991a: Erdődinamikai vizsgálatok a mátrai erdőrezervátumokban. II. Magyar Ökológus Kongresszus, Keszthely, Külön kiadvány, 26 o.
- Czájlik P. 1991b: Erdőszerkezetek, erdészeti nevelővágások és a védett fajok kapcsolatának vizsgálata. *Környezet és Fejlődés* 2(3): 9–13.
- Czájlik P. 1994a: Az erdőrezervátumok hasznosításáról. *Környezet és Fejlődés* 5(2): 29–35.
- Czájlik P. 1994b: Megtörtént a magyarországi erdőrezervátum-hálózat végleges kijelölése. *Környezet és Fejlődés* 5(2): 36–38.
- Czájlik P. 2009: Kékes-Észak erdőrezervátum és térségének története: egy őserdőfragmentum fennmaradása. *Az erdőrezervátum-kutatás eredményei* 3: 7–94.
- Czájlik P., Gergely Z. és Tulipán T. 1993: „Kékes Észak” – egy létesítendő erdőrezervátum. *Környezet és Fejlődés* 4(3–4): 64–66.
- Elek Z., Kovács B., Aszalós R., Boros G., Samu F., Tinya F. és Ódor P. 2018: Taxon-specific responses to different forestry treatments in a temperate forest. *Scientific Reports* 8, 16990.

- Elek Z., Ruzickova J. és Ódor P. 2022: Functional plasticity of carabids can presume better the changes in community composition than taxon-based descriptors. *Ecological Applications* 32(1): e02460.
- Gálhidy L., Mihók B., Hagyo A., Rajkai K. és Standovár T. 2006: Effects of gap size and associated changes in light and soil moisture on the understorey vegetation of a temperate deciduous forest. *Plant Ecology* 183: 133–145.
- Heilmann-Clausen J., Aude E., van Dort K. W., Christensen M., Piltaver A., Veerkamp M. T., Walley R., Siller I., Standovár T. és Ódor P. 2014: Communities of wood-inhabiting bryophytes and fungi on dead beech logs in Europe – reflecting substrate quality or shaped by climate and forest conditions? *Journal of Biogeography* 41: 2269–2282.
- Holdampf Gy. 1992: Az erdőrezervátum hálózat. *Erdészeti Lapok* 126(11): 325–330.
- Horváth F. és Borhidi A. (szerk.) 2002: A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. A KvVM Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei 8., 289 o.
- Horváth F. és Czajlik P. 2002: Összegzés, értékelés, és szintézis lehetőségei. In: Horváth F. és Borhidi A. (szerk.): A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. A KvVM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei 8: 226–236.
- Horváth F., Csicssek G., Bíró A., Demeter L., Lipka B. ... és Lesku B. 2018: Fényi-erdő – Égett kocka. *Erdőrezervátum Füzetek* 1., 16 o.
- Horváth F., Csicssek G., Lipka B., Neumann Sz., Papp M. ... és Vig Á. 2019: Az újszentmargitai Tilos-erdő Erdőrezervátum. *Erdőrezervátum Füzetek* 2., 16 o.
- Horváth F. és Bölöni J. 2020: Erdőrezervátum-hálózat Magyarországon. *Erdészeti Lapok* 155(12): 374–376.
- Horváth F., Demeter L. és Mázsa K. 2020: Az erdőrezervátum-eszme története. *Erdészeti Lapok* 155(10): 304–306.
- Horváth F., Csicssek G., Molnár Cs., Papp M., Szegeti Zs., Vig Á., Gyurina T., Neumann Sz., Ortman-né Ajkai A. és Demeter L. 2021a: A Baktai-erdő Erdőrezervátum 2020-ban. *Erdőrezervátum Füzetek* 3., 16 o.
- Horváth F., Mányoki G., Szegeti Zs., Vig T., Bíró A. és Bakó G. 2021b: Kékes Erdőrezervátum, képek az őserdőről. *Erdőrezervátum Füzetek* 4., 16 o.
- Kaán K. 1909: A természeti emlékek fentartása. Pallas, Budapest, 56 o.
- Kaán K. 1931: Természetvédelem és a természeti emlékek. Révai Testvérek, Budapest, 313 o.
- Kelemen K., Kriván A. és Standovár T. 2014: Effects of land-use history and current management on ancient woodland herbs in Western Hungary. *Journal of Vegetation Science* 25: 172–183.
- Kelemen K., Mihók B., Gálhidy L. és Standovár T. 2012: Dynamic response of herbaceous vegetation to gap opening in a Central European beech stand. *Silva Fennica* 46(1): 53–65.
- Kenderes K., Aszalós R., Ruff J., Barton Zs. és Standovár T. 2007: Effects of topography and tree stand characteristics on susceptibility of forests to natural disturbances (ice and wind) in the Börzsöny Mountains (Hungary). *Community Ecology* 8(2): 209–220.
- Kenderes K., Král K., Vrška T. és Standovár T. 2009: Natural gap dynamics in a Central European mixed beech-spruce-fir forest. *Ecoscience* 16(1): 39–47.
- Kenderes K., Mihók B. és Standovár T. 2008: Thirty years of gap dynamics in a Central European beech forest reserve. *Forestry* 81: 111–123.
- Kenderes K. és Standovár T. 2003: The impact of forest management on forest floor vegetation evaluated by species traits. *Community Ecology* 4(1): 51–62.
- Kenderes K., Tímár G., Ódor P., Standovár T., Bartha D., Bodoncz L., Bölöni J., Szmorad F. és Aszalós R. 2007: A természetvédelem hatása középhegységi erdeinkre. *Természetvédelmi Közlemények* 13: 69–80.

- Király I., Nascimbene J., Tinya F. és Ódor P. 2013: Factors influencing epiphytic bryophyte and lichen species richness at different spatial scales in managed temperate forests. *Biodiversity and Conservation* 22(1): 209–223.
- Kovács B., Tinya F. és Ódor P. 2017: Stand structural drivers of microclimate in mature temperate mixed forests. *Agricultural and Forest Meteorology* 234: 11–21.
- Kovács B., Tinya F., Guba E., Németh Cs., Sass V., Bidló A. és Ódor P. 2018: The short-term effects of experimental forestry treatments on site conditions in an oak–hornbeam forest. *Forests* 9: 406.
- Kovács B., Tinya F., Németh Cs. és Ódor P. 2020: Unfolding the effects of different forestry treatments on microclimate in oak forests: results of a 4-year experiment. *Ecological Applications* 30(2): e02043.
- Kutszegi G., Siller I., Dima B., Merényi Zs., Varga T., Takács K., Turcsányi G., Bidló A. és Ódor P. 2021: Revealing hidden drivers of macrofungal species richness by analyzing fungal guilds in temperate forests, West Hungary. *Community Ecology* 22: 13–28.
- Kutszegi G., Siller I., Dima B., Takács K., Merényi Zs., Varga T., Turcsányi G., Bidló A. és Ódor P. 2015: Drivers of macrofungal species composition in temperate forests, West Hungary: functional groups compared. *Fungal Ecology* 17: 69–83.
- Mag Zs. és Ódor P. 2015: The effect of stand-level habitat characteristics on breeding bird assemblages in Hungarian temperate mixed forests. *Community Ecology* 16: 156–166.
- Márialigeti S., Németh B., Tinya F. és Ódor P. 2009: The effects of stand structure on ground-floor bryophyte assemblages in temperate mixed forests. *Biodiversity and Conservation* 18: 2223–2241.
- Márialigeti S., Tinya F., Bidló A. és Ódor P. 2016: Environmental drivers of the composition and diversity of the herb layer in mixed temperate forests in Hungary. *Plant Ecology* 217: 549–563.
- Mátyás Cs. 1993: Erdőrezervátum: új koncepció tör utat. *Erdészeti Lapok* 123(1): 13.
- Mihók B., Gálhidy L., Kelemen K. és Standovár T. 2005: Study of Gap-phase Regeneration in a Managed Beech Forest: Relations between Tree Regeneration and Light, Substrate Features and Cover of Ground Vegetation. *Acta Silvatica és Lignaria Hungarica* 1: 25–38.
- Ódor P. (szerk.) 2015: A biodiverzitást meghatározó környezeti változók vizsgálata az őrségi erdőkben. MTA Ökológiai Kutatóközpont Tanulmányai 2., 67 o.
- Ódor P., Heilmann-Clausen J., Christensen M., Aude E., van Dort K. W., ... Standovár T. és Grebenc T. 2006: Diversity of dead wood inhabiting fungi and bryophytes in semi-natural beech forests in Europe. *Biological Conservation* 131: 58–71.
- Ódor P., Király I., Tinya F., Bortignon F. és Nascimbene J. 2013: Patterns and drivers of species composition of epiphytic bryophytes and lichens in managed temperate forests. *Forest Ecology and Management* 306: 256–265.
- Ódor P., Tinya F., Kovács B., Aszalós R., Bidló A. et al. 2020: Különböző erdészeti beavatkozások termőhelyre, biodiverzitásra és felújulásra gyakorolt hatása gyertyános tölgyesekben. Beszámoló egy 5 éve indult erdőökológiai kísérlet eredményeiről. *Erdészeti Lapok* 155(1): 8–12.
- Paillet Y., Bergès L., Hjältén J., Ódor P., Avon C., ... Mészáros I., ... Standovár T., Tóthmérész B. és Virtanen R. 2010: Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: Meta-analysis of species richness in Europe. *Conservation Biology* 24(1): 101–112.
- Reményfy L. 1993: Őserdő-tűznézőben. *Erdészeti Lapok* 123(10): 304.

- Samu F., Elek Z., Kovács B., Fülöp D., Botos E., Schmera D., Aszalós R., Bidló A., Németh Cs., Sass V., Tinya F. és Ódor P. 2021: Resilience of spider communities affected by a range of silvicultural treatments in a temperate deciduous forest stand. *Scientific Reports* 11: 20520.
- Samu F., Lengyel G., Szita É., Bidló A. és Ódor P. 2014: The effect of forest stand characteristics on spider diversity and species composition in deciduous-coniferous mixed forests. *The Journal of Arachnology* 42: 135–141.
- Somogyi Z. 1994: Az erdőrezervátumokban folytatandó kutatások néhány általános kérdése. *Környezet és Fejlődés* 5(2): 39–42.
- Somogyi Z. 2002: Az erdőrezervátumokban folytatandó kutatások általános célkitűzései. In: Horváth F. és Borhidi A. (szerk.): A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. A KvvM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei 8: 82–87.
- Standovár T. 2002: Európai együttműködés az erdőrezervátum-kutatásban: COST E4. In: Horváth F. és Borhidi A. (szerk.): A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. A KvvM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei 8: 17–24.
- Standovár T., Bán M. és Kézdy P. (szerk.) 2017: Erdőállapot-értékelés középhegységi erdeinkben. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 612 o.
- Standovár T., Horváth S. és Aszalós R. 2017: Temporal changes in vegetation of a virgin beech woodland remnant: stand-scale stability with intensive fine-scale dynamics governed by stand dynamic events. *Nature Conservation* 17: 35–56.
- Standovár T. és Rajkai K. 1994: Herbs as soil moisture indicators within a sessile oak stand. *Abstracta Botanica* 18(2): 71–78.
- Standovár T. és Somogyi Z. 1992: Beszámoló a Bükk-hegység egy kocsánytalan tölgyesében végzett hosszú távú erdőökológiai kutatásokról. *Erdészeti Lapok* 127(1) 10–11.
- Standovár T. és Somogyi Z. 1998: Corresponding patterns of site quality, decline and tree growth in a sessile oak stand. *European Journal of Forest Pathology* 28: 133–144.
- Standovár T., Szmorad F., Kovács B., Kelemen K., Plattner M., Roth T. és Pataki Zs. 2016: A novel forest state assessment methodology to support conservation and forest management planning. *Community Ecology* 17(2): 167–177.
- Tanács E. és Standovár T. 2021: Erdők. In: Tanács E. és Kisné Fodor L. (szerk.): A hazai ökoszisztémák állapota. Agrárminisztérium, Budapest, 57–79. o.
- Temesi G. 1993: Erdőrezervátumok kijelölése és fenntartása. *Erdészeti Lapok* 123(5): 146.
- Temesi G., Mázsa K. és Horváth F. 2002: Az erdőrezervátum-program jogi, szervezeti és infrastrukturális keretei. In: Horváth F. és Borhidi A. (szerk.): A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. A KvvM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei 8: 27–59.
- Tinya F. és Ódor P. 2016: Congruence of the spatial pattern of light and understory vegetation in an old-growth, temperate mixed forest. *Forest Ecology and Management* 381: 84–92.
- Tinya F., Kovács B., Prättälä A., Farkas P., Aszalós R. és Ódor P. 2019b: Initial understory response to experimental silvicultural treatments in a temperate oak-dominated forest. *European Journal of Forest Research* 138: 65–77.
- Tinya F., Kovács B., Aszalós R., Tóth B., Csépanyi P., Németh Cs. és Ódor P. 2020: Initial regeneration success of tree species after different forestry treatments in a sessile oak-hornbeam forest. *Forest Ecology and Management* 459: 117810.
- Tinya F., Kovács B., Bidló A., Dima B., Király I., Kutszegi G., Lakatos F., Mag Zs., Márialigeti S., Nascimbene J., Samu F., Siller I., Szél Gy. és Ódor, P. 2021: Environmental drivers of

- forest biodiversity in temperate mixed forests – a multi-taxon approach. *Science of the Total Environment* 795: 148720.
- Tinya F., Márialigeti S., Bidló A. és Ódor P. 2019a: Environmental drivers of the forest regeneration in temperate mixed forests. *Forest Ecology and Management* 433: 720–728.
- Tinya F., Márialigeti S., Király I., Németh B. és Ódor P. 2009: The effect of light conditions on herbs, bryophytes and seedlings of temperate mixed forests in Őrség, Western Hungary. *Plant Ecology* 204: 69–81.
- Turcsányi G., Siller I., Maglóczky Zs. és Czajlik P. 2002: Lignicolus macrofungi of the Kékes North forest reserve in the Mátra Mountains, Hungary. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* 49(2–3): 193–205.
- Zoltán L., Friedl Z., Pacskó V., Orbán I., Tanács E., Magyar B., Kristóf D. és Standovár T. 2021: Application of Sentinel-1 radar data for mapping ice disturbance in a forested area. *European Journal of Remote Sensing* 54(1): 568–587.
- URL.1 <https://orserdo.ecolres.hu/>
- URL.2 <https://piliskiserlet.ecolres.hu>

A klímaterancia határainak kutatása

Klímaváltozás és a szárazsági erdőhatár

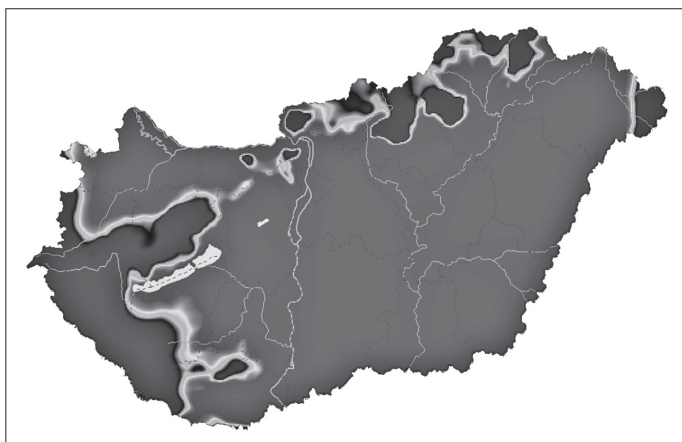
Mátyás Csaba

A Kárpát-medencében a zonális fafajok elterjedésének alsó határán végzett fafaj-elterjedési és klímaterológiai elemzések (Mátyás et al. 2007; Czúcz et al. 2011, 2013) megerősítették, hogy a fafajok déli, ill. alsó tszf. magassági elterjedési határa klímaterikailag meghatározható. A határt elsődlegesen a nyári szárazsági stressz határozza meg (Rasztovits et al. 2012, 2014). Mindez egybecseng Führer más alapokon elindult kutatásainak megállapításaival (Führer 2010). A vízhiány okozta klímaterézőkenység mindamelltt fafajcsoportonként eltérő, és különféle, de rendszerint hasonló tartalmú klímaterényezőkkel jellemezhető. Így a kocsánytalan tölgy esetében a májusi-nyári csapadékmennyiség, a bükknél az aszályindex és a hőmérsékleti viszonyok hatnak elsősorban az előfordulási mintázatra (Czúcz et al. 2013), de például a jegenyefenyővel végzett elemzések azt mutatták ki, hogy az éves szintű vízhiány korrelált legjobban a származási kísérletbe áttelepített populációk növekedési reakciójával (Mátyás et al. 2021). Egy adott fafajon belül a klímaterényezőkre adott reakció a populáció származásától, azaz eredeti alkalmazkodottságától függően változhat. A lucfenyő esetében pl. kimutatható volt, hogy az északi, hűvösebb/nedvesebb klímához adaptálódott populációk ugyanabban a kísérletben elsősorban a hőmérséklet változására, míg a déliek a csapadék változására reagáltak legjobban (Ujvári-Jármay et al. 2016).

A klímaterónák várható földrajzi eltolódását vizsgálva fontos felismerés, hogy a hegyvidékekkel szemben a síkságokon az éghajlati paraméterek változásának üteme *több nagyságrenddel gyorsabb* (Jump et al. 2009). Emiatt a sík- és dombvidéki elterjedési határ

térségek veszélyeztetettsége lényegesen nagyobb, mint a hegyvidékeké. A klíma változása, a szárazság erősödése ezeket a síkvidéki határokat mozdítja el elsősorban. Klimatikus veszélyeztetettségük miatt vezettük be a szárazsági határ (*xeric limit*, Mátyás et al. 2007) fogalmát a fafajok áréájának alsó peremére, amit a nemzetközi irodalomban visszavonuló határként (*tracking limit*) említenek. A „szárazsági határ” tehát egy zonális faj, vagy egy erdőársulás

áréájának déli, alsó (alacsony tszf. magassági) határa, amelyet elsődlegesen a nyári csapadék mennyisége és eloszlása határoz meg. A szárazsági erdőhatár Magyarországon, de egész kontinentális DK-Európában valamennyi klímafüggő, vagyis zonális faj szempontjából döntő jelen-



Az első leközölt térkép a klímaváltozás erdőtakaróra gyakorolt jövőbeni hatásáról. Az előrejelítés az erdőssztyep klíma modellezett kiterjedését mutatja, egy nagyon mérsékelt forgatókönyvre (+1,3 °C nyári átlaghőmérséklet, -66 mm csapadék) (Mátyás és Czímber 2000)



Az MTA Erdészeti Bizottsága terepi bejárásán, Zalaerdődön, egy ültetvényyszerű lucfenyő telepítés termőhelyi és klimatikus kitettségét és kockázatait vitatja meg Járó Zoltán, Tuskó László és Harkai Lajos (jobbról balra) (1973, Fotó: Mátyás Csaba)

tőségű, és még inkább azzá válik a klímaváltozás következtében. A termőhelyi potenciál eltolódása a szárazsági határon az erdőtakaró fenntarthatóságát, és a gazdálkodás tartamosságát teszi bizonytalaná (Mátyás et al. 2018). Mindez felhívja a figyelmet a kontinentális mérsékelt öv eddig kevésbé kutatott szemi-arid régiói figyelembevételére (l. a Hazai kutatás kisugárzása fejezetet).

Klímatolerancia vizsgálata öngyérülés (mortalitás) felmérésekből

Berki Imre

A múlt század második felében fellépett klímaváltozás, az ezzel összefüggő melegedés és szárazodás tette szükségessé a fafajok klímatoleranciája részletesebb vizsgálatát, amely először kocsánytalan tölgyeseink erdővédelmi problémájával kapcsolatban merült fel. Az 1970-es évek végén az Északi-középhegységben tömeges fapusztulás jelent meg, majd a 80-as évektől az ország egész területén, és más fafajokon is jelentkezett. Kiváltó okként kezdetben különböző veszélyeztető tényezőket tételeztek fel (savas ülepedés, mikrogomba fertőzés) (Igmándy 1985, 1987). A pusztulás elsődleges kiváltó okai azonban az 1970-es évektől erősödő aszályos időszakok voltak (Vajna 1989). A száraz időszakok számottevő bükkpusztulást is okoztak (Lakatos és Molnár 2009) és a fenyőket, elsősorban a lucfenyőt kipusztulással fenyegetik (Lakatos 1995, 1997). Ezért a klíma változásától függő toleranciaválasz pontosabb meghatározása az erdőgazdálkodás stratégiai döntései számára fontos kérdés.

A fafajok egészségi állapotát országos (Erdővédelmi Mérő- és Megfigyelő Rendszer és annak részeként működtetett klímaváltozás monitoring) és nemzetközi (ICP Forest) monitoring hálózatok keretében is vizsgálják, minisztériumi koordinálással (Kolozs 2009). Az intenzíven felvételezett FNM (Faállományok Növekedése Megfigyelése) mintaterületek adataiból az elmúlt évtizedek kumulált fapusztulása a megfigyelt öngyérülésből becsülhető. Zellweger és szerzőtársai (2020) szerint a fapusztulások időbeli változása és mértéke kontinentális szinten összefüggést mutat az aszályos időszakokkal. Az Európa-szintű felmérésben az aszályosság hatását csökkentette a magasabb élőfakészlet és az azzal összefüggő hűvösebb mikroklíma. Nálunk, a szárazsági határon viszont a koronaszint kiritkulásával az erdőállomány mikroklímája jelentősen romlik, és egyidejűleg a kísérő lágyszárú vegetáció termofilizációja egyértelműen indikálja a szignifikáns melegedést (Zellweger et al. 2020). Gulyás és munkatársai egy szárazsági grádiens mentén vizsgálták az idős és fiatal kocsánytalan tölgy állományok magassági növekedését és öngyérülését. A magassági növekedés gyorsulását állapították meg annak ellenére, hogy a szárazság erősödésével az öngyérülés erősödött, és a törzsszám csökkent. Az aszály okozta kiritkulást követően a visszamaradó fákon nem volt kimutatható az egészségromlás, ami regenerálódás eredménye is lehet (Gulyás et al. 2019). Az állomány kiritkulásából adódó esetleges víztöbblet és a száraz ülepedésből származó nitrogén többlet-ellátottság és a vitalitás közötti összefüggés további vizsgálatot igényelne (Berki et al. 2018).

Az eddigi, hézagos eredmények mindenesetre megerősítik, hogy a klímaváltozás szélsőségeinek a mortalitásra gyakorolt hatása nagyon sokszor összetett. Kocsánytalan tölgy és cser fafajokon végzett részletes fiziológiai vizsgálatok megerősítik, hogy a mortalitással végződő egészségi állapot romlás általában hosszú, akár több évtizedes folyamat következménye lehet (l. a Síkókút Projekt ökofiziológiai eredményeit ebben a főfejezetben). A fiziológiai gyengülés az ellenálló képesség romlását eredményezi, amelyet antagonistá rovarok és gombák kihasználhatnak és végső lépésként általuk pusztulhat el a fa (l. még az Erdővédelem fejezetet is).

Klímahatás-modellezés erdőleltár- ill. állományfelvételi adatokból

Illés Gábor

E módszer esetében az Erdőállomány Adattárból a nagy számban rendelkezésre álló adatsorokat használják fel a klimatikus és termőhelyi adatokkal való összevetésre és becslésre. Alapgondolata, hogy az erdőállományok széles körű adatai, ha nem is minden esetben pontosan tükrözik egy-egy helyen a növekedési erély és a termőhely kapcsolatát, de trendjeiben és jellegükben mutatják a fajok válaszreakcióját. Előnye, hogy egyszerre több faj elemezhető és a fajok a hazai teljes klímater-spektrumában értékelhetők az összes jelentős termőhelyen. A faállományok korosztályok szerinti értékelésével a már bekövetkezett változásokra adott növekedési reakciók is becsülhetők. A módszerrel kimutatták, hogy az eddigi klímaváltozás fatermésre gyakorolt hatása tekintetében főfafajaink érzékenysége csökkenő sorrendben a következő: bükk, kocsánytalan tölgy, feketefenyő, erdeifenyő, kocsányos tölgy, akác (Illés és Fonyó 2016). E módszer segítségével becsülhető az egyes termőhelyi tényezők hatása a fajok magassági növekedésére (Illés et al. 2014), illetőleg a termőhelyi potenciál és a klíma változására adott reakció összefüggésére. A módszer hátránya, hogy a klímaérzékenységet jelentősen befolyásoló vízháztartási feltételek figyelembevétele korlátozott. Kimutatható volt, hogy a növekedést, azaz a klímaérzékenységet a talaj víztartóképesége (a termőréteg vastagsága) jelentősen befolyásolja (Illés 2018a). A módszer korlátozott mértékben előremetszésre is alkalmazható. Segítségével térbeli valószínűségi becslés készült a főfafajok fatermési osztályainak jövőbeni változására nézve is (Illés 2018b).

Klímaérzékenység előrebecslése származási kísérletek adataiból

Mátyás Csaba

A klíma gyorsuló változása miatt a hosszú életciklusú erdei fák alkalmazkodási lehetőségeinek kutatása hirtelen az érdeklődés központjába került (Mátyás 1998). Az erdészeti klímaosztályok meteorológiai háttérének a meghatározása (l. a Termőhely értékelése fejezetben) lehetővé tette az erdőzónák várható eltolódásának előrejelzését az előrevetített éghajlati scénáriókra. Ezáltal nemcsak a lehetséges hozam mértékének, hanem az erdők ökológiai szolgáltatásainak a változása is előrebecsülhető (Mátyás et al. 2018). A klíma változására való felkészülés szempontjából a megfelelő erdőművelési megoldások tervezése az alkalmazkodás *genetikai háttérének* a feltárását igényelte. Az alkalmazkodás soktényezős keretében a populációk genetikai erőforrásai az erdőgazdálkodás tartamosságának fontos elemévé váltak (Mátyás és Kramer 2016; Mátyás et al. 2018). Ezt a kérdést Mátyás Cs. szervezésében a IUFRO Pekingben összehívott 4. erdészeti genetikai világkonferenciája elsőként tűzte napirendjére (Mátyás 1999). A fajok vándorlási képessége, a genetikai alkalmazkodás hatékonysága és a fenotípusos reakciók vizsgálata a klímaváltozással összefüggésben a hazai és nemzetközi kutatás közös témája lett (Mátyás 2006; Hlásny et al. 2014).

A 20. század során a legtöbb európai országban kísérletezés indult el azonos fajú, ismert származású populációk növekedésének összehasonlítására, logisztikai okok miatt először csak fenyő fajokkal. Ezek a kísérletek meggyőzően bizonyították a fajokon belüli, származások között kimutatható, a növekedésben, fenológiában megnyilvánuló igen jelentős genetikai különbségeket, ami felhívta a figyelmet a jelenség erdőművelési jelentőségére. A származási kísérletekben („közös tenyészterekben”) tapasztalt fenotípusos változatosság elemzésének a célja az 1990-es évekig a kísérletben szereplő származások egyedi értékelése volt, a legjobb produktív mutató populáció azonosítása érdekében. Következtetést csak az egyes populációkra vonatkozólag lehetett levonni, ami általánosítást csak szűk, földrajzi alapon tett lehetővé. Az eredmények a kísérletbe vont populációk gyakran véletlenszerű összetételétől függtek.

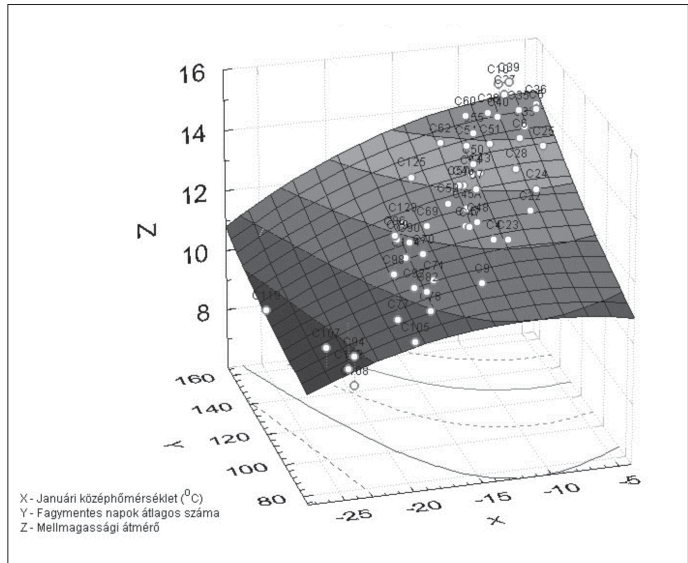
Újszerű elemzési lehetőséget jelentett az a megközelítés, amely a fenotípusos válaszok értelmezését a származási helyek és a kísérleti helyszínek ökológiai, elsősorban klimatikus eltéréseiből vezette le. A vizsgálat alapjául egy kanadai bankszifenyő (*Pinus banksiana*) származási kísérleti hálózat adatai szolgáltak (Mátyás és Yeatman 1987, 1992). Az eredmények szoros korrelációt mutattak a származási és a kísérleti helyszín klimatikus különbsége és a magassági növekedés között. Az egyes kísérleti helyszínek fenotípusos válaszregressziói összevonva egy háromdimenziós felületet képeznek, amely alapján nem földrajzi, hanem klimatológiai paraméterek alapján kirajzolódik az adott faj klimatikus alkalmazkodási mintázata a vizsgált klímaterben. Így előrebecsülhetővé vált olyan populációk teljesítménye is, amelyek nem szerepeltek a kísérletben. Az eredmények igazolták, hogy a múltban uralkodó helyi klímához alkalmazkodott populációk az áttelepítéssel szimulált környezetváltozásra a változás mértékének és alkalmazkodottságuknak megfelelő módon reagálnak. A számított „ökológiai távolság” (*ecological distance*) alkalmas a klímaváltozás növekedésre és egészségi állapotra gyakorolt hatásának modellezésére. Az elemzési módszer globálisan elterjedt (Hlásny et al. 2014; O’Neill és Nigh 2011), mert tényleges terepi mérések alapján lehetővé teszi az előrevetített klímaváltozási scénáriókban várható produktív és vitalitás becslését. Ezzel egyben megalapozza az alkalmazkodó erdőművelés stratégiáját, így pl. a mesterséges áttelepítés alkalmazását. Ezt a lehetőséget a magyar eredmények alapozták meg (Mátyás és Yeatman 1987; Mátyás 1994, 1996).

A vizsgált *fenyő fajok* hazai és nagyszámú nemzetközi vizsgálatának eredményei igazolták, hogy a helyi származások nem feltétlenül a legjobbak, általában a kedvezőbb (hűvösebb, csapadékosabb) klímából származó populációk növekedése jobb. Az áttelepítéssel szimulált klíma melegedés és szárazodás a növekedési erély lineáris változását okozta, és a fajra, ill. a populációra jellemző tolerancia határt elérve tömeges mortalitás lépett fel. Egyidejűleg megállapítható, hogy az aszálynak jobban kitett populációk klímateroleranciája magasabb (a fenyő származási kísérletek részleteit és a genetikai alkalmazkodással kapcsolatos további következtetéseket az Erdészeti nemesítés és genetika főfejezet tartalmazza).

A *lombos fajok* közül bükkal és tölgygel is létesültek nemzetközi kísérletek, ezekhez csak a bükk esetében csatlakozott külön kísérlettel Magyarország. Az 1998-ban telepített kísérlet igazolta, hogy a fenyők esetében régóta feltárt klimatikus alkalmazkodás

térbeli mintázata a bükk esetében is kimutatható. A hűvösebb, üdébb környezetből áttelepített populációk a határtermőhelyű zalai helyszínen teljesítmény-csökkenéssel, sőt mortalitás növekedéssel reagáltak (Mátyás et al. 2009). A kocsánytalan tölgy esetében a francia INRA által 1990 és 1996 között kezdeményezett európai kísérlet adatainak hazai elemzése erre a fajra is igazolta az adaptív mintázat meglétét. A bükk és a kocsánytalan tölgy esetében is kimutatható volt a *genetikai csereviszony (tradeoff)* a klímaterolerancia és a növekedés kapcsolatában, azaz a klímateroleránsabb populációk növekedése gyengébbnek bizonyult (Mátyás et al. 2018, 2021a). A püspökladányi szikes talajon létesült kocsányos tölgy származási kísérlet eredményei pedig megerősítik a termőhelyi szelekció hatását: az extrém termőhelyen a helyi populáció növekedése volt a legjobb (Kiss et al. 2017). Az extrém klimatikus szelekció erőteljes hatását Borovics és Mátyás (2013) izoenzimekkel végzett vizsgálata már korábban kimutatta.

A lombos fafajok eredményei tehát egyeznek a fenyő kísérletekben megfigyelttel; a bükk és a kocsánytalan tölgy, valamint a luc- és erdei-fenyő klímaérzékenységet egybevetve azonos törvényszerűségek figyelhetők meg az áttelepítéssel szimulált klimatikus változás hatására. Mindamelllett a fenyők reakciója élesebb, a környezeti feltételekhez szorosabban alkalmazkodtak, vagyis klímaváltozásra érzékenyebbek (Sáenz-Romero et al. 2019). A kapott adatok megerősítik, hogy alkalmasak az előrevetített klímaváltozás hatásának előrevetítésére.



Erdéifenyő származások növekedésének modellezése klimatológiai paraméterek alapján. Az „ökológiai távolság” elemzési módszere (Mátyás 1994) a klímaváltozás hatásának előrevetítéséhez, és a támogatott áttelepítés tervezéséhez világszerte elterjedt (Szerk.: Nagy László)

A különböző „hamis idősoros” előrebecslési eljárások közül a származási kísérlettel becsült adatok szolgáltatják a legkedvezőbb, egyben a legkonkrétabb eredményt (Mátyás et al. 2018). Ennek oka a populációk *inherens alkalmazkodóképességének* (öröklött reziliencia, plaszticitás) figyelembevétele, amely más módszerrel, pl. erdőleltár adatok elemzésével nem lehetséges. A feltárt klíma-adaptációs mintázatok és a származások közötti változatosság kihasználása lehetőséget ad arra, hogy az előrevetített klímaváltozás negatív hatásait célzott emberi közreműködéssel csökkentsük. Az erdészeti szaporítóanyag-

gazdálkodás gyakorlatában az evolúció-ökológiai alapokon megfogalmazott irányelvek ki kell egészítsék a jelenlegi, elsősorban tájökölógiai alapú elveket. Ezért szükséges a szaporítóanyag forgalmazás és minőségbiztosítás felülvizsgálata, valamint a mesterséges áttelepítés (*human assisted migration*) gyakorlati alkalmazása, ami további kutatási munkát igényel (Mátyás 2021b).

A hazai kutatás kisugárzása Délkelet-Európára és Közép-Ázsiára

Mátyás Csaba és Konkoly-Gyuró Éva

A hazai publikált eredmények felhívták a figyelmet a szemiárid térségek szárazsági határára tenyésző erdőállományok feltáratlan érzékenységre és klimatikai veszélyeztettségére, messze túl a Kárpát-medence és környéke síkságain (Mátyás 2010; Mátyás és Sun 2014). 2008-ban Odesszában, a NATO klímaváltozási konferenciáján felvetett problémakörre válaszolva a „*North Eurasian Earth Science Partnership*” (NEESPI³) képviselői egy kutatócsoport felállítását kezdeményezték Magyarországon, Sopronban.

A NEESPI Délkelet-Európai Klímahatás Kutató Központja alapítására 2009-ben Sopronban, az Erdőmérnöki Karon került sor (Mátyás 2009). A kezdeményezésre a FAO is felfigyelt, és 2010-ben a száraz-kontinentális országok klímaváltozásáról és az erdőgazdálkodás feladatairól Sopronban szervezett konferenciát, amelyen az érintett balkáni, kaukázusi és közép-ázsiai országok szakigazgatási képviselői vettek részt. Értékeltek a résztvevő országokban az erdőgazdálkodás helyzetét és felkészülését a klímaváltozásra. A legfontosabb tapasztalat, hogy a legtöbb országban a szárazodás okozta károk módszeres felmérése



A NEESPI Klímahatás Kutató Központja felavatása 2009 augusztusában, a Soproni Egyetem Erzsébet kerti épületében. A képen (balról jobbra) P. Groisman, NEESPI koordinátor (NOAA, az Egyesült Államok Oceanográfiai és Légköri Szolgálat), G. Gutman (NASA Felszínborítás és Tájhasználat Változás program – LCLUC) és Mátyás Csaba (Fotó: Mátyás Cs. archívuma)

³A NEESPI-t a NASA és a NOAA amerikai szolgálatok, valamint az Orosz Tudományos Akadémia (ANR) támogatásával hozták létre, Észak-Euráziában, elsősorban a volt Szovjetunió területén zajló klimatikai, felszínborítottsági és geofizikai változások vizsgálatára.

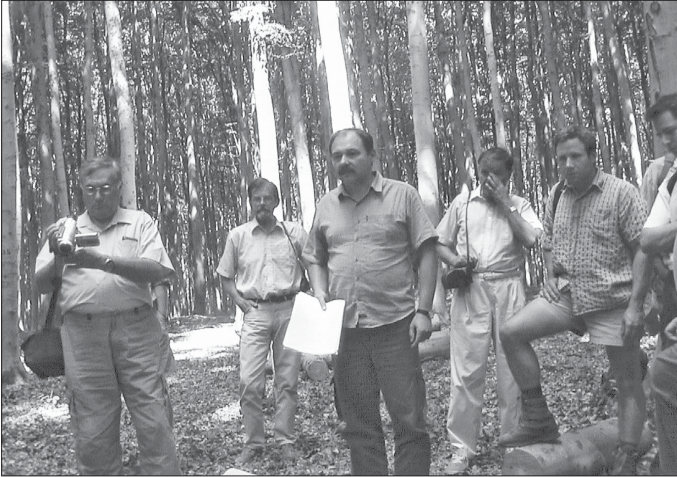
és a felkészülés a változásra sürgős feladat, amire eddig számottevő kezdeményezések nem történtek, sem a szakpolitika, sem a kutatás szintjén. A helyzet-felmérésről egy angol és egy orosz nyelvű FAO kiadvány is készült (Mátyás 2010). A sztyepppei erdőhatár problémája Kínában és Szibériában is figyelmet kapott (Mátyás 2011, 2012).

Hazai projektek finanszírozásában a kutatás nemcsak a belső-eurázsiai szárazsági határ és erdőtakaró kapcsolatra (Mátyás et al. 2013; Groisman et al. 2018), hanem a klíma és tájhasználat viszonyára is kiterjedt. A NASA „Felszínborítás- és tájhasználat-változás tudományos programja” (*Land Cover and Land use Change – LCLUC*) keretében „A Kárpát-medence felszínborítás-változása az elmúlt 200 évben” címet viselő kutatás során történeti térképekre és a jelenkori felszínborítás adatbázisokra támaszkodva elkészült egy közel 350 000 km²-es mintaterület történeti felszínborítási adatbázisa (Lieskovský et al. 2018). Ennek a földrajzi, klimatikus és ökológiai választóvonalon fekvő közép-európai térségnek az átalakulása fontos tanulságokkal szolgál az ember környezeti hatásai tekintetében. A kutatás részeredményei a tájváltozást számos aspektusból tárgyalták, többek között az erdőtakaró dinamikája (Konkoly-Gyuró és Balázs 2016) és a mezőgazdasági területek felhagyása, beerdősülése és a hagyományos tájhasználat összefüggésében (Munteanu et al. 2017).

Döntéstámogató rendszer fejlesztése

Mátyás Csaba és Borovics Attila

Az erdészeti klímaosztályoknak és a hazai erdőállományoknak FAI aszályindex alapon történt konkrét klimatikus besorolását (Führer 2010) követően számos kutatási eredmény szignifikáns összefüggéseket mutatott ki a fő állományalkotó fafajok növekedése, vitalitása és a klímatermészetek között. Az összefüggést az előzőekben tárgyalt származási kísérletek tapasztalatai is megerősítették. Ezáltal lehetővé vált az előrevetített klímaváltozás hazai várható hatásának a felmérése és az alkalmazkodás előkészítése. A 90-es évek végétől több közös projekt indult az ERTI és a SOE együttműködésében egy erdészeti döntéstámogató rendszer (DTR) alapjainak kidolgozásához. Az „Agrárklíma” erdészeti DTR-fejlesztés egy olyan stratégiai és dinamikus rendszer kialakítására irányult, amely alkalmas az előrebecsült termőhelyi és hozam adatok alapján az adott helyszínen biztonságosan termesztendő fajok, populációk kiválasztására, és hozamuk előrejelzésével a gazdálkodói döntések támogatására. Olyan webes alapú térinformatikai DTR fejlesztését tűzték ki célul, amely konkrét területegységre (erdőrészletre) szolgáltat múlt- és jövőbeli adatokat (Mátyás és Borovics 2014). A hőmérséklet- és csapadékviszonyok változása elemzéséhez a közelmúltra a CARPATCLIM projekt adatbázisát, valamint a 2100-ig terjedő jövőre 12 regionális klímamodell szimuláció eredményeit dolgozták fel. A várható klímastressz mértékét a Führer-féle szárazsági index (FAI) segítségével becsülték (Gálos és Führer 2018). A DTR moduláris felépítése lehetővé teszi az inputot szolgáltató adatbázisok



Führer Ernő bükkös ökoszisztémák szénforgalmi kutatási eredményeit mutatja be az Erdő-klíma projekt munkatársainak. Balról jobbra: Vig Péter, Varga Gábor, Mátyás Csaba, Gálbidi László, Rasztovics Ervin. Bakonykoppány, 2003 (Forrás: ERTI fotóarchívuma)

cseréjét, így pl. az előre-
vetített klímaszcenáriók
újabb, finomított változa-
tai alkalmazását (Mátyás
et al. 2022).

A fejlesztés keretében
a mező- és az erdőgazdál-
kodási adatbázisok egye-
sítésével és a környeze-
ti változók felhasználá-
sával egységes, részletes
digitális talajtérkép ké-
szült, amely az ország
egész területére megadja
a genetikai talajtípuso-
kat, 1 ha-os felbontás-
ban (Illés et al. 2016).
További digitális térké-
pi adatállományok tar-
talmazzák az ország dom-

borzatmodelljét, a földtani és a talajvíz adatokat, a klimatikus és földhasználati térképi fedvényeket. Az 1 × 1 km-es felbontású hidrológiai térképhez az MGFI által a 2000-es évekre készített talajvíztérképet, a BMGE-n készült aktuális párolgástérképet és az agrotopográfiai térképet használták fel (Gribovszki 2017). A fatermőképesség (hozam) előrebecsléséhez a szakértői célállomány-táblák adatainak digitális általánosítására volt szükség, amit gépi tanulási módszerrel oldottak meg (Czímber és Gálos 2016; Czímber et al. 2018).

Az erdészeti kutatás fontos innovációja, az „Agrárklíma” erdészeti DTR a 2014–2018 közötti projekt időszakban gyakorlati alkalmazásra kész formába került. A fejlesztés újabb iránya egy applikáció, amely lehetővé teszi a klímatoleráns populációk szaporítóanyag-forrásai azonosítását, és azokat nemcsak az ország területén, hanem az adott fafaj teljes elterjedési területén belül keresi és azonosítja (Mátyás és Borovics 2014; Mátyás 2018; Mátyás et al. 2022). A közeljövő feladata a klímaövek eltolódásából előállt, eddig nem ismert termőhelyi tényező-kombinációkra megfelelő előrebecslések kidolgozása.

Irodalom

- Berki I. 2018: Assessing the impact of climatic stress on sessile oak stand density (mortality). In: Mátyás Cs., Berki I., Bidló A., Csóka Gy., Czímber K., Führer E., Gálos B., Gribovszki Z., Illés G., Hirka A. és Somogyi Z. 2018: Sustainability of forest cover under climate change on the temperate-continental xeric limits. *Forests* 9: 489–14–16.
- Borovics A. és Mátyás Cs. 2013: Decline of genetic diversity of sessile oak at the retracting (xeric) limits. *Ann. Forest Sci.* 70(8): 835–844.

- Czúcz B., Gálhidy L. és Mátyás Cs. 2011: Present and forecasted xeric climatic limits of beech and sessile oak distribution at low altitudes in Central Europe. *Annals of Forest Science* 68(1): 99–108.
- Czúcz B., Gálhidy L. és Mátyás Cs. 2013: A bükk és a kocsánytalan tölgy elterjedésének szárazsági határa. *Erdészettudományi Közlemények* 3(1): 39–53.
- Czimer K. és Gálos B. 2016: A new decision support system to analyse the impacts of climate change in the Hungarian forestry and agricultural sectors. *Scand. J. Forest Res.* 31(7): 664–667.
- Czimer K., Mátyás Cs., Bidló A. és Gálos B. 2018: A „Járó tábla” (avagy az egyes termőhelytípusokon alkalmazható célállományok és azok növekedésének) közelítése gépi tanulási módszerrel. In: Mátyás Cs. (szerk.): A klímaváltozás kihívásai az erdészetben. *Erdészettudományi Közlemények* 8(1): 93–103.
- Führer E. 2010: A fák növekedése és a klíma. „KLÍMA-21” Füzetek 61: 98–107.
- Gálos B. és Führer E. 2018: A klímaértékelés erdészeti célú előrevetítése. *Erdészettudományi Közlemények* 8(1): 43–55.
- Gribovszki Z. 2017: A döntéstámogató rendszer (eDTR) ismertetése. *Hidrológiai adatok. Erdészeti Lapok* 152(10): 309–310.
- Groisman P., Bulygina O., Henebry G., Speranskaya N., Shiklomanov D., ... Mátyás Cs. ... és Kaipov I. 2018: Dryland belt of Northern Eurasia: contemporary environmental changes and their consequences. *Environ. Res. Lett.* 13 115008.
- Gulyás K., Móricz N., Rasztovits E., Horváth A., Balázs P. és Berki I. 2019: Accelerated Height Growth Versus Mortality of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. in Hungary. *South-east European Forestry* 10(1): 1–7.
- Hlásny T., Mátyás Cs., Seidl R., Kulla L., Merganicová K., Trombik J., Dobor, L., Barcza Z. és Konópka B. 2014: Climate change increases the drought risk in Central European forests: what are the options for adaptation? *Lesnický Casopis – Forestry Journal* 60: 5–18.
- Horváth A. és Mátyás Cs. 2014: Növedécsökkenés előrevetítése egy bükk származási kísérlet alapján. *Erdészettudományi Közlemények* 4(2): 91–99.
- Igmándy Z. 1985: A kocsánytalan tölgy pusztulása Magyarországon. *Magyar Tudomány* (6): 455–460.
- Igmándy Z. 1987: Die Welkeepidemie von *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. in Ungarn (1978 bis 1986). *Österreichische Forstzeitung* 87: 48–50.
- Illés G. 2018a: Analyzing forest inventory data of sessile oak. In: Mátyás Cs., Berki I., Bidló A., Csóka Gy., Czimer K., Führer E., Gálos B., Gribovszki Z., Illés G., Hirka A. és Somogyi Z. 2018: Sustainability of forest cover under climate change on the temperate-continental xeric limits. *Forests* 9: 489.
- Illés G. 2018b: A klímaváltozás nyomán bekövetkező fatermés változás becslése a kocsánytalan tölgy példáján. *Erdészettudományi Közlemények* 8(1): 105–118.
- Illés G. és Fonyó T. 2016: A klímaváltozás fatermésre gyakorolt várható hatásának becslése az AGRATÉR projektben. *Erdészettudományi Közlemények* 6(1): 25–34.
- Illés G., Fonyó T., Pásztor L., Bakacsi Zs., Laborczy A., Szatmári G. és Szabó J. 2016: Az Agrárklíma 2. projekt eredményei: Magyarország digitális talajtípus térképének előállítás. *Erdészettudományi Közlemények* 6(1): 17–24.
- Illés G., Kollár T., Veperdi G. és Führer E. 2014: Zalai faállományok magassági növekedésének és fatermésének kapcsolata a termőhelyi tényezőkkel. *Erdészettudományi Közlemények* 4(2): 77–89.

- Jump A., Mátyás Cs. és J. Penuelas 2009: The altitude-for-latitude disparity in the range retractions of woody species. *Trends in Ecology and Evolution* 24(12): 694–701.
- Kiss T., Kovács Cs. és Csiha I. 2017: Püspökladányi tölgy származási kísérlet növekedés adatainak elemzése. *Tudományos eredmények a gyakorlatban, 2017. évi kutatói nap. Alföldi Erdőkért Egyesület*, 155–162. o.
- Kolozs L. (szerk.) 2009: Erdővédelmi Mérő- és Megfigyelő Rendszer 1988–2008. MGSZH Központ Erdészeti Igazgatóság, Budapest, 149 o.
- Konkoly-Gyuró É. és Balázs P. 2016: Erdőborítás változás a Kárpát-medence térségében a 19. század közepétől napjainkig. *Erdészettudományi Közlemények* 6(1): 79–97.
- Lakatos F. 1995: Szűkártétel lucosokban. In: Solymos R. (szerk.) 1995: Az erdők egészségi állapotának változása. MTA Erdészeti Bizottsága, Budapest, 176–180. o.
- Lakatos F. és Molnár M. 2009: Mass mortality of Beech (*Fagus sylvatica* L.) in South-West Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 5: 75–82.
- Lakatos F. 1997: Szűkárosítások alakulása a Soproni-hegyvidéken. *Erdészeti Lapok* 132(10): 325–326.
- Lieskovský J., Kaim D., Balázs P., Boltižiar M., Chmiel M., ... Király G., Konkoly-Gyuró É. ... és Radeloff V. C. 2018: Historical land use dataset of the Carpathian region (1819–1980). *Journal of Maps* 14(2): 644–651.
- Mátyás Cs. 1994: Modeling climate-change effects with provenance test data. *Tree Physiology* 14: 797–804.
- Mátyás Cs. 1996: Climatic adaptation of trees: Rediscovering provenance tests. *Euphytica* 92(1–2): 45–54.
- Mátyás Cs. 1998: Éghajlati változékonyság és az erdei fafajok alkalmazkodóképessége. In: Dunkel Z. (szerk.): Az éghajlatváltozás és következményei. OMSZ, Budapest, 66–74. o.
- Mátyás Cs. 2006: Migratory, genetic and phenetic response potential of forest tree populations facing climate change. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 2: 33–46.
- Mátyás Cs. 2008: Environmental and social impact of climatic changes at the xeric limit of the closed forest zone in Eastern Europe. NATO Advance Workshop „Regional aspects of climate-terrestrial-hydrologic interactions in Eastern Europe”, Odessa, Ukraine, 2008 Aug. 24. (invited lecture, kézirat).
- Mátyás Cs. 2009: Forests and climatic changes in SE Europe: some open questions. NEESPI Focus Research Centre, Sopron, 24. Apr. 2009. (inauguration lecture, kézirat).
- Mátyás Cs. 2010: Forecasts needed for retreating forests (Opinion). *Nature* 464(7293): 1271.
- Mátyás Cs. 2011: Challenges of gene conservation in a changing environment, at the forest steppe zone limit. 3rd Conf. On Conservation of Forest Genetic Res. of Siberia, Russian Acad. Sci., Siberian Branch, Sukachev Forest Institute, Krasnoyarsk, 2011. aug. 23 (nyitó előadás, kézirat).
- Mátyás Cs. 2012: Climate change threats to the drought stricken forest steppe zone of continental Southeast Europe and central Asia: does this area need special attention? (invited paper) In: *Dryland Ecosystems in East Asia: State, Changes and Future*. Henan University, Kaifeng, China, 86–94. o.
- Mátyás Cs. 2021a: Adaptive pattern of phenotypic plasticity and inherent growth reveal the potential for assisted transfer in sessile oak (*Quercus petraea* L.). *Forest Ecology and Management* 482: 118832.
- Mátyás Cs. (szerk.) 1999: Forest genetics and sustainability. (Forestry Sciences 63.) Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 287 o.

- Mátyás Cs. (szerk.) 2010: Forests and Climate Change in Eastern Europe and Central Asia. Forests and Climate Change. / Lesza i izmenyenyie klimata v Vosztocnoj Jevrope i Centralnoj Azii. Working Paper / Rabocsij Dokument po Lesznomu Hozjajsztvu i Izmenyenyiju Klimata. Nr 8, Rome, FAO, 189 o.
- Mátyás Cs. (szerk.) 2018: A klímaváltozás kihívásai az erdészetben. Erdészettudományi Közlemények 8(1): (különszám) 264 o.
- Mátyás Cs. (szerk.) 2021b: Genetic Resources and Adaptive Management of Conifers in a Changing World. MDPI, Basel, 206 o.
- Mátyás Cs., Beran F., Dostál J., Čáp J., Fulín M., Vejvustková M., Božič G., Balázs P. és Frýdl J. 2021. Surprising Drought Tolerance of Fir (*Abies*) Species between Past Climatic Adaptation and Future Projections Reveals New Chances for Adaptive Forest Management. In: Mátyás Cs. (szerk.) 2021: Genetic Resources and Adaptive Management of Conifers in a Changing World. MDPI, Basel, 73–103. o.
- Mátyás Cs., Berki I., Bidló A., Csóka Gy., Czimber K., Führer E., Gálos B., Gribovszki Z., Illés G., Hirka A. és Somogyi Z. 2018: Sustainability of forest cover under climate change on the temperate-continental xeric limits. *Forests* 9: 489; 32.
- Mátyás Cs., Bidló A., Czimber K., Gálos B., Gribovszki Z., Führer E., Illés G. és Borovics A. 2022: A klímaváltozáshoz alkalmazkodás támogatása az erdészetben: az Agrárklíma döntéstámogató rendszer. *Léggör* 67(1): 4–11.
- Mátyás Cs., Bozic G., Gömöry D., Ivankovic M. és Rasztoivits E. 2009: Transfer analysis reveals macroclimatic adaptation of European beech (*Fagus sylvatica* L.). *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 5: 47–62.
- Mátyás Cs. és Borovics A. 2014: „Agrárklíma” beszámoló kötet. Erdészettudományi Közlemények 4(2), 160 old. (különszám).
- Mátyás Cs., Führer E., Berki I., Csóka Gy., Drüsler Á., Lakatos F., Móricz N., Rasztoivits E., Somogyi Z., Veperdi G., Vig P. és Gálos B. 2010: Erdők a szárazsági határon. *Klíma* 21 Füzetek 61: 84–97.
- Mátyás Cs., Kóczán-Horváth A., Kremer A. és Sáenz-Romero C. 2018: Kocsánytalan tölgy populációk fiatalkori növekedése szimulált klímaváltozás hatására, egy származási kísérletben. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 131–148.
- Mátyás Cs. és Kramer K. 2016: Az erdei génkészletek szerepe a klímaváltozáshoz alkalmazkodó gazdálkodásban. Erdészettudományi Közlemények 6(1): 7–16.
- Mátyás Cs., Nagy L. és Ujváriné Jármay É. 2007: Klimatikus stressz és a fafajok genetikai válaszreakciója az elterjedés szárazsági határán: elemzés és előrejelzés. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.) 2007: Erdő és klíma V., 241–256. o.
- Mátyás Cs., Sun G. és Zhang Y. 2013 Afforestation and forests at the dryland edges: lessons learned and future outlooks. In: Chen J., Wan S., Henebry G., Qi J., Gutman G., Sun G. és Kappas M. (szerk.): Dryland East Asia: Land dynamics amid social and climate change. HEP Publishers, Beijing and Walter de Gruyter and Co. Berlin, 245–264. o.
- Mátyás Cs. és Sun G. 2014: Forests in a water limited world under climate change. *Environ. Res. Lett.* 9: 085001.
- Mátyás Cs. és Yeatman C. W. 1987: A magassági növekedés adaptív változatosságának vizsgálata *P. banksiana* populációkban. Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei 1987(1): 191–197.
- Mátyás Cs. és Yeatman C. W. 1992: Effect of geographical transfer on growth and survival of jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.) populations. *Silvae Genetica* 41(6): 370–376.

- Munteanu C., Kuemmerle T., Boltiziar M., Halada L., Kaim D. ... Király G., Konkoly-Gyuró E. ... és Radeloff V. C. 2017: 19th century land use legacies affect agricultural abandonment. *Regional Environmental Change* 17(8): 1–14.
- O'Neill G. A. és Nigh G. 2011: Linking population genetics and tree height growth models to predict impacts of climate change on forest production. *Global Change Biology* 17: 3208–3217.
- Rasztovits E., Berki I., Mátyás Cs., Czimber K., Pötzelsberger E. és Móricz N. 2014: The incorporation of extreme drought events improves models for beech persistence at its distribution limit. *Annals of Forest Science* 71(2): 201–210.
- Rasztovits E., Móricz N., Berki I., Pötzelsberger E. és Mátyás Cs. 2012: Evaluating the performance of stochastic distribution models for European beech at low-elevation xeric limits. *Időjárás* 116(3): 173–194.
- Sáenz-Romero C., Kremer A., Nagy L., Ujvári-Jármay É., Ducoussou A., Kóczán-Horváth A., Hansen J. K. és Mátyás Cs. 2019: Common garden comparisons confirm inherited differences in sensitivity to climate change between forest tree species. *Peer Journal* 7: e6213.
- Ujvári-Jármay É., Nagy L. és Mátyás Cs. 2016: The IUFRO 1964/68 Inventory Provenance Trial of Norway Spruce in Nyírjes, Hungary – results and conclusions of five decades. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 12(különszám): 3–178.
- Vajna L. 1989: A kocsánytalan tölgy pusztulásának kórok- és járványtani kérdései. *Az Erdő* 38: 169–175.
- Zellweger F., De Frenne P., Lenoir J., Berki I., Standovár T., Teleki B. ... és Coomes D. 2020: Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming. *Science* 368: eabd3881.

Hungarian research in forest ecology

The loss of a large part of its productive forest area, within the new borders set after the World War I, has created an urgent necessity of afforestation on historically non-forest land in Hungary. This implied the sudden rise of interest in forest ecology research, especially in the lowland regions of the country. In the recent decades forest biodiversity loss due to a high ratio of man-made plantations and rapid climatic changes increased further the prominence of ecology in forest research and management.

Early forest meteorological studies have indicated already in the 1940's the high climatic exposure of the Great Plains for afforestation projects. The first long-term ecological study location with a permanent meteorological tower was established in Síkfőkút forest (NE Hungary) by P. Jakucs in 1972. The stand microclimate observations helped to identify the climatic cause of the oak decline emerging across Hungary in the 80's. In the following decades numerous meteorological instrument gardens and towers were established. The high tower in Hegyhátsál (SW Hungary), measuring greenhouse gas fluxes between the vegetation and the atmosphere, covers one of the longest continuing observation period since 1993 in Europe. In the recent decade a network of further 20 standard forest meteorological stations have been set up, to monitor weather data and soil moisture and to follow the droughts and their effects on the water and carbon cycle. Analyses show that the mitigating effect of planned afforestations in the country is rather

limited. A forest aridity index (FAI) based on ecophysiological observations has been developed (E. Führer) to characterize forest zones, to classify productivity potential of sites and to predict phenotypic responses to present and future climatic extremes.

Due to the specific site conditions in the country, the genetic soil classification system of Stefanovits (1963) is in use in forestry practice, interpreting the soil profile as the result of complex and typical soil development processes. Soil biology investigations started relatively early in the country and attained international reputation regarding soil microflora under semiarid conditions (D. Fehér). In Hungary, a fast recovery of soil microorganisms was observed after afforestation of agricultural soils with native species, while their density remained low in plantations of non-native tree species.

Low survival of artificial forest regeneration is caused primarily by drought stress, lack of nutrients play a role only in special cases. Forests enjoy a spontaneous, significant additional supply of macronutrients by continuous wet sedimentation from the atmosphere, caused first of all by agriculture. Experiments have demonstrated the importance of forest litter layer in water retention, regulating soil temperature and decomposition of organic material. Investigations have also shown that professional execution of silvicultural interventions and timber removal have a negligible effect on the quantity of litter, on the content of soil organic material and nutrients.

The content and cycling of organic material in the soil gained growing interest in the recent decades, in order to improve carbon balance calculations. The CASMOFOR carbon cycle model developed by the Research Institute (Z. Somogyi) provides a reliable assessment of carbon sequestration and emittance of forests, and has been applied internationally, also by IPCC.

The development of a complex classification system for forest site conditions was motivated by the initiation of the countrywide afforestation program after the World War II, affecting a large segment of historically non-forest sites (sands and soda soils, wetlands). Following the assessment of the site quality made obligatory by government decree, a specific Hungarian site typology system emerged, proposing appropriate tree species, expectable yield and rotation time (Z. Járó). The application of the system required the merging of forestry and agricultural soil information, to create a countrywide digital soil map.

Under the semiarid conditions of the larger part of the country, water supply is the primary factor which determines site quality, and silvicultural practice. Appropriate water supply categories depending on groundwater level and availability are part of the site assessment system. Moisture supply is affected by the projected changes of climate, revealed by the extant thermophilization of the flora. The assessment of the actual site potential of the site is based on age-related height of the stand. Equations for above-ground biomass yield have been calculated and are available for all main tree species in the forest data bank. However data for below-ground dendromass are still sparse. Research data show that the ratio for above- and below ground dendromass is strongly related to the forest aridity index of the site. Due to the rapid change of site potential, the detailed determination of the ecological demands and climate tolerance of individual species is an urgent research task (see also the paragraph on xeric limits).

In the course of the long-term ecological research “Síkfőkút Project”, detailed physiological investigations were carried out in a mixed Turkey oak–sessile oak forest stand, such as on the comparison of growth and photosynthetic pigment characteristics, and energy and nutrient content in different biomass fractions across species and time. Non-destructive ecophysiological measurements were applied to study the water use strategy of different species. Comparing sapflow patterns of Turkey and sessile oak, the first proved to be more tolerant and resilient, while beech is rather vulnerable. Turkey oak may rely on higher water reserves in the stem. Vitality decline in sessile oak was detectable already 20–25 years before mortality.

On a large part of the Great Plain precipitation and groundwater are both sources of water uptake for forests. The necessity of regular groundwater monitoring under forests was raised already early (Ijjász 1939). Studies proved that high transpiration of trees may lower the groundwater level under forests by 0.5–1.0 m, and may cause an accumulation of salt in the topsoil which remains however below the toxic level. Nevertheless, the observed fast sinking of the groundwater on the Danube-Tisza sand plateau is not the result of afforestations alone but caused primarily by the water consumption of agriculture. Hydrological investigations have proven that the estimated share of the forest cover in groundwater depletion amounts only to ca. 10% (I. Pálfi). Due to projected increasing droughts, groundwater uptake of forests may attract more attention in the future.

Since the 1990’s the conservation of biodiversity in managed forests has become a growing public demand. Selection cutting and transitional silviculture, the keeping of admixed species and of deadwood and protection of shrub cover became widely accepted as measures to replace traditional clearcutting technologies. The investigation of the effect of forest management on biodiversity requires long-term experimental areas. Model experiments of the Institute of Ecology have been started in mixed oak forests, in 2014. Investigations focus on the effects of various silvicultural interventions on organism groups and on the vitality of natural regeneration. Analyses found that the species diversity of forest communities depends largely on the diversity of the tree species in the stand and in the landscape. The presence of shrubs and of dead wood also improves diversity of numerous organism groups.

Natural forest reserves are the best objects to follow natural processes of forest dynamics. The conservation of forests in natural state has been proposed already in 1909. Selection of remaining rests of old growth forests started however only in the 1980’s by private initiative. A government decision ordered the setting up of a network of natural forest reserves in 1991. The establishment and baseline inventory of reserves was carried out by Institute of Ecology and Botany and by the Faculty of Forestry. The ecological research group of ELTE University (Budapest) established long-term observation plots for forest dynamics in the forest reserves. Other projects deal with the assessment of the general level of naturalness in the forests of the country, using either forest inventory data or by random field plot sampling.

The “xeric limit” of forests in the semiarid low-elevation, temperate-continental parts of Eurasia (and also on other continents) is of special importance for all zonal (climate-dependent) temperate forest tree species. Results of Hungarian analyses have proven the climatic sensitivity of forest cover at the xeric limits: on the plains, where the pace of climatic shift is three magnitudes faster than on mountainous terrain. The rapid climatic change causes a general shift of site potential, jeopardizing the sustainability of forest cover in these regions. In 2009, the NEESPI Regional Focus Research Center for Nonboreal Eastern Europe has been founded in Sopron to continue and promote research in this field. An FAO conference for SE European and Central Asian countries in Sopron has shown that future climatic threats for forests are insufficiently followed and considered, and appropriate measures are urgently needed. Participation in NASA’s Land Cover and Land use Change (LCLUC) research have also confirmed that the level human environmental interference in these regions is critical.

The silvicultural preparation for climate change requires the clarification of the adaptation capacity and phenotypical response of trees. Hotter droughts cause vitality loss and may lead to mass mortality. Both Hungarian and international research results in provenance testing prove that “local” populations are not necessarily the best concerning the resilience to expected stress conditions. Populations show a genetic tradeoff effect with regard to climate tolerance vs growth potential, i.e. provenances adapted to drier and hotter climates are more resilient but grow slower. This pattern of within-species adaptability variation has been found similarly present in conifer and broadleaved species, however the climate tolerance of conifers seems to be lower.

A new modelling method of phenotypic response data from provenance tests (C. Mátyás) has provided a new interpretation of within-species genetic variation patterns. It analyses the adaptive pattern of trials not geographically, but on ecological/climatological distance basis. Ecological distance offers the possibility to project the response to site condition changes in a climatic/temporal space. Comparing different “space for time” approaches, the results of provenance tests predict the most optimistic results. This is caused by the unique possibility to consider the inherent adaptive potential of populations. The method has found a global application to translate projected climatic scenarios into phenotypic response and for planning silvicultural measures, such as assisted migration.

Rapid climate change poses a huge challenge for forestry due to the length of the production cycle. Considered earlier as a static value, the site potential has become a dynamic factor in forest planning. Decision support systems provide assistance for adaptive forest management. Developed by the research cooperation of the Forestry Faculty and the Forest Research Institute, the Agrárklíma decision support system offers projections for silvicultural planning on local, compartment level. The system proposes suitable tree species, estimates their yield potential and identifies also sources for preadapted populations. Projected climate periods are available until 2100. The geoinformatic system is based on forest-related data and background maps of 1 ha resolution (geography, soil, climate, hydrology etc.).

ERDÉSZETI NÖVÉNYTAN

Bartha Dénes, Csiszár Ágnes, Szmorad Ferenc és Tímár Gábor

Bevezetés

„A növénytan tagadhatlanul az erdészeti tudományok legszükségesebb és leglényegesebbjei közé számítandó. Növénytani ismeretek nélkül a legtöbb esetben sötétben tapogatódnánk...” írta Illés Nándor, a selmeci akadémia tanára 1874-ben az Erdészeti Lapok hasábjain, az erdészeti tudományok kibontakozása idején, s gondolatai másfél évszázad után sem veszítettek érvényességükből.

A botanika tudományán belül az erdészeti előtaggal illelhető szakterület szinte valamennyi résztudományból (pl. sejttan, szövettan, szervtan, alaktan, élettan, rendszertan, társulástan) valamilyen mértékben táplálkozik, azonban vannak a fás szárú jellegből vagy az erdőből adódó hangsúlyos területei is (pl. xylotómia, kéregmorfológia, rügmorfológia, architektúra-vizsgálat, illetve erdőtársulástan, erdőtípológia). Másképp fogalmazva, erdészeti növénytan alatt az erdővel és az erdőt alkotó növényekkel botanikai szempontból foglalkozó, közvetlenül vagy közvetve az erdők erdészeti hasznosítása szempontjából is mértékadó, több erdészeti résztudományhoz (pl. genetika, ökológia, erdőművelés, erdészeti szaporítóanyag-termesztés) is hozzájáruló szakterület értendő. Az alábbi összeállítás a botanika résztudományain belül mutatja be az erdészeti vonatkozású kutatási irányokat, főbb eredményeket és műhelyeket.

Múlt

Florisztika – Növényföldrajz

A tudományos alapokon nyugvó botanika egyik legrégebben művelt szakterülete a florisztika, azaz egy adott területen előforduló növénytaxonok előfordulási adatainak rögzítése, fajlisták, flóraművek összeállítása. E terület népszerűségét annak köszönheti, hogy egyszerű: egyedül, korlátozott tudással is művelhető, eszközigénye minimális, komoly anyagi háttérrel nem igényel, sok élménnyel szolgál, ugyanakkor tudományos publikációk sokasága jelentethető meg e téren. Egy ideig szinte valamennyi terepbotanikus művelte a florisztikát, ezért előfordulási adatok, florisztikai cikkek tömege látott napvilágot az utóbbi két évszázadban. Sajátosság, hogy az erdészeti vonatkozású (erdei) fajok adatai többnyire nem válnak el az egyéb fajokétól, ami az általános szempontoknak, a területi alapú megközelítésnek köszönhető.

Az 1970–80-as évek pangása után az 1990-es években a terepbotanika, így a florisztika is újabb (máig tartó) lendületet kapott, bizonyos területeken ki is teljesedett. Az alábbiakban az erdész-botanikusok közreműködésével készített (általában erdős tája-

kat érintő) munkákat, illetve elért eredményeket emeljük ki. Közülük elsőként a hazánk flórájára új (pl. berki lizinka – Szmorad F.), vagy hosszú idő után újra megtalált (pl. hármastevelű kakukktorma, havasalji tarsóka – Antal J., Bölöni J., Király G., fenyérgamandor – Tímár G.) fajok említhetők. A folyamatosan halmozódó adatok nyomán először kisebb-nagyobb tájak, tájrészletek szintézisei, flóraművei készültek el, így például a Kőszegi-hegység (Antal et al. 1994), a Soproni-hegység (Király 2004), a Fertő-tó és környéke (Király és Takács 2020), a Naszály (Pintér et al. 2010) területére. E munkák nagy része növényföldrajzi elemzést is tartalmaz. Tematikus összegzések is napvilágot láttak, elsősorban a védett-veszélyeztetett növényekről, például a Soproni-hegység (Tímár 1996), a Laitaicum (Frank et al. 1998) és az Őrség (Király et al. 2002) vonatkozásában. Az aktualizált florisztikai ismeretek egyfajta szintézisét tartalmazza az újonnan készített növényhatározó is (Király 2009).

A jelentős adattömeg és a vonatkozó tanulmányok nagy száma miatt a florisztikai adatok sokasága egy idő után szinte kezelhetetlenné vált, viszont az 1990-es években megugró létszámú terepi botanikus gárdának köszönhetően, rájuk alapozva megindulhatott egy szintetizáló jellegű tevékenység. A soproni egyetem Növénytani Tanszékének vezetésével elnyert „Magyarország természetes növényzeti örökségének felmérése és összehasonlító értékelése” c. pályázat (2002–2005)

egyik alprogramja tette lehetővé az archív adatok rendezését és az aktuális, egész országra kiterjedő florisztikai adatok gyűjtését, amit aztán adatbázis-építés követett. A munka során mind a módszertan kidolgozásában (lásd: Király et al. 2003), mind a terepmunkában, mind a feldolgozásban komoly részt vállaltak az erdész-botanikusok is. Ennek eredménye Magyarország Flóratérképezési Adatbázisa, amely valamennyi edényes növényfajunk (így az erdészeti vonatkozású fa- és cserjefajok, szilvikol lágyszárúak) hálótérképes adatait tartalmazza (Bartha et al. 2015). Ennek online változata (<http://floraatlasz.uni-sopron.hu/map/>) pedig a folyamatos javításokat és kiegészítéseket teszi lehetővé. Bár az adatbázis felépült, az adatok országos léptékű, sokszempontú kiértékelése – az újabb és újabb adatok beépítését jelentő aktualizálás mellett – még várat magára.



Terepi botanikai és termőhelyi felvételezés az 1950-es években a Kiskunságban (balról jobbra: Nemky Ernő, Botvay Károly és Magyar Pál professzorok). A felmérések célja ekkor még a homokterületek erdősítésének szakmai támogatása volt (Fotó: Illyés Benjamin)

Mindenképpen említést érdemel, hogy a felhalmozott florisztikai ismereteket egyéb, gyakorlati vonatkozású szintézisek összeállítása során is sikerült kamatoztatni, így többek között az új kistájkataszter (Becse et al. 2010) összeállítása, vagy a Magyarország erdészeti tájbeosztásának megújítása, és a kapcsolódó szakmai irányelvek újrafogalmazása (pl. Bartha et al. 2006; Führer 2017) során is. Ezek egyúttal némiképp átvezetnek már a növényföldrajz területére is.

A dendrológián kívül a hazai botanikának a legtöbbet az erdei fák és cserjék elterjedésének elemzése adta. A selmeci akadémia polihisztor oktatója, Fekete Lajos nagy vállalkozását, azaz a történelmi Magyarország területén előforduló fa- és cserjefajok vertikális és horizontális elterjedési határainak megállapítását – kézirati hagyatéka alapján – már az 1870-es években megkezdte, majd a későbbiekben a felmérés módszerét folyamatosan tökéletesítette.



*Blattny Tibor emlékezik mesterére és egykori munkatársára, Fekete Lajosra, halálának 50. évfordulóján, 1966-ban. A sír körül a szlovák erdészeti kutatás és tanügy jeles képviselői állnak (Selmecbánya: Evangélikus temető, 1966)
(Forrás: Központi Bányászati Múzeum, Selmecbánya)*

A századforduló után – tanítványával, Blattny Tiborral – megkezdődhetett az a terepi munka, amely az ország területén található valamennyi erdőhivatalt és erdőgondnokságot megmozgatta. Ennek a nagyszabású vállalkozásnak az eredménye két kötetben, 1913-ban magyar nyelven („Az erdészeti jelentőségű fák és cserjék elterjedése a Magyar Állam területén”), majd 1914-ben német nyelven („Die Verbreitung der forstlich wichtigen Bäume und Sträucher im Ungarischen Staate”) látott napvilágot. E munka nagy érdeme, hogy az utolsó pillanatban, az erdőket érintő modern kori nagy emberi átalakító tevékenységek előtt rögzítették az előfordulási határokat, így azok zömmel még a közel természetes viszonyokat mutatják. A másik érdem, hogy a szerzők fa- és cserjefajonként a 14 nagytáj és azokon belül a tájak összehasonlítását is elvégezték, illetve kapcsolatot kerestek a vertikális és horizontális elterjedés, valamint a környezeti háttértényezők (pl. földrajzi helyzet, hegység tömegessége, klíma, alapközet, kiettség, légáramok) között. E kutatómunka gyakorlati vonatkozása sem elhanyagolandó, s csak sajnálhatjuk, hogy az Erdészeti Kutatóintézetek Nemzetközi Szövetségének (IUFRO) 1914-ben hazánkban tervezett és jól előkészített VII. kongresszusa – az I. világháború kitörése miatt – elmaradt, ahol a német nyelvű kötetet valamennyi, a világ minden tájáról ide sereglő résztvevő megkaphatta volna.

A Fekete–Blattny-féle felmérés megújítására az 1990-es évek első felében tett kísérletet Bartha Dénes és Mátyás Csaba, természetesen már csak az egyharmadnyi országterületen, hazánk domborzati jellegéből fakadóan elsősorban a horizontális elterjedési határokra koncentrálva. Kombinált ponttérképes módszerük az erdészeti szempontból fontos fafajok, a hálótérképes módszer a ritkább fafajok és a cserjefajok hazai előfordulási mintázatát rajzolja meg (Bartha és Mátyás 1995). E műből („Erdei fa- és cserjefajok előfordulása Magyarországon”) a mintának tekintett korábbi munkával ellentétben hiányzik viszont a jelenségek, mintázatok értékelése, az általánosabb következtetések levonása.

Herbológia

A kimondottan gyakorlati vonatkozású herbológia, az erdészeti szempontból fontos gyomnövények biológiájának kutatása – az agrárterülettel ellentétben – kevésbé tudott kibontakozni. Bár időnként, főleg a soproni egyetem Növénytani Tanszékének munkatársai (pl. Agócs József, Csiszár Ágnes) végeztek ilyen jellegű vizsgálatokat, a szakterület erdészeti vonatkozásban sajnos alulreprezentált. Pedig a vágásos erdőgazdálkodás hazai túlsúlya miatt az évente keletkező vágásterületek, illetve az erdőfelújítás és erdőtelepítés alatt álló területek nagysága a teljes erdőterület közel egytizedét teszi ki, s itt a gyomprobléma általános jellegű. Ezen hiányosságoknak tudható be, hogy az erdészeti gyomirtás, gyomkorlátozás vagy nélküli a tudományos alapokat, és csak (a nagyrészt helyben szerzett) gyakorlati tapasztalaton nyugszik, vagy az agrárterületen szerzett, ott viszont jelentős mennyiségű tudományos ismeretre épít.

A vágásterületek növényzetének vizsgálatával meglehetősen kevesen foglalkoztak, botanikai feltárásuk kezdete a Mátra bükköseihez (Kovács 1961) és a Duna-ártér ligeterdeihez köthető (Kárpáti és Kárpáti 1958), majd ezt követte a cseres-tölgyesek vágásterületeinek vizsgálata (Szodfridt és Tallós 1973). Borhidi (2003) szinopszisa már tizenkét vágástársulást jellemez, melyeket Csontos (2004) egészített ki egy további új vágástársulás leírásával. Az erdészeti herbológiához részben köthető kutatások célja is elsősorban a hatékony gyomkorlátozási módszerek vizsgálata, mint például Novák (2005) földi szederrel és Molnár (2014) siska nádtippannal kapcsolatos kutatásai. Ez utóbbi munka eredményeként egy országos kérdőíves felmérés is készült, mely az egyes erdészeti tájak gyomproblémáiról is tájékoztat.

Növényfiziológia

A növényélettani kutatás szorosan összefonódik az erdészeti oktatással, így az erdészeti növényélettani kutatásának jeles képviselői legtöbbször a Soproni Egyetem és jogelődjei oktatói közül kerültek ki. Kövessi Ferencnek, a Bányászati és Erdészeti Főiskola Növénytani Tanszéke vezetőjének elhivatottságát jelzi az alábbi idézet: „*Keveset beszéltem, de mindig mélyen gondolkoztam és folyton azt kerestem, hogy mikor és hol tűnik fel az a vezetőeszmé, amelynek segítségével az életjelenségeket egységesen és szigorúan tudományos alapon tudnám megmagyarázni ...*” (Kövessi 1941). A professzor az életjelenségek tanul-

mányozását a szőlővessző beérésével, a szőlő elfagyásával és a szőlőfürtök betegségeivel kezdte. Életének fő művében „Az élőlények fejlődése szabályosságának a magyarázata” című tanulmányorozatában a növények életfolyamatait fizikai, kémiai és matematikai alapokon nyugvó törvényszerűségekkel igyekezett leírni, elméletei azonban sok kritikával és kevés megértéssel találkoztak.

Az erdészeti oktatás ikonikus alakjának, Fehér Dánielnek kutatási tevékenysége is szerteágazó volt. Munkásságának középpontjában a hazai erdőtalajok biológiai vizsgálata állt, számos kísérletsorozatot végzett a talajok összetételével, anyagkörforgalmával, biológiai aktivitásával kapcsolatban. Növényélettani kutatásai közül a növények hő- és vízgazdálkodásának, valamint a növekedés egyes környezeti feltételeinek vizsgálatát érdemes kiemelni. Az egyetem Növénytani Tanszékének élére Fehér Dánielt követően Nemky Ernő került, akinek erdőgondnoki gyakorlati tevékenysége jól megalapozta későbbi kutatói pályáját. Kandidátusi disszertációját az erdeifenyő csemeték növekedésének vizsgálatából írta, majd érdeklődése a tölgyfajok irányába mozdult el. Akadémiai doktori disszertációját „A tölgyfajok és a tölgycsemete ökofiziológiája, mint tölgyerdeink természetes felújításának alapja” címmel készítette.

Az erdeifenyő és a tölgyfajok ökofiziológiájának vizsgálata továbbra is meghatározó volt a Növénytani Tanszék kutatásai között. Gencsi László kutatási témái sorában kiemelt helyet foglalt el az erdeifenyő törzs- és koronafejlődése, a korona asszimilációs és légzési tevékenysége. Az egyetem oktatóinak növényélettani kutatása mellett fontos megemlékezni az ERTI soproni Kutató Állomásának munkatársáról, Mátyás Vilmosról, aki elmélyülten foglalkozott a tölgyek virágzás- és termésbiológiájával. Doktori értekezésében vizsgálta a virágok és a termés fejlődését, a termés kialakulásának ökológiai és klimatikus összefüggéseit, időszakosságának okait és a terméshozam fokozásának lehetőségeit. A virágzás- és termésbiológiai kutatásokat a Növénytani Tanszék oktatójaként Bolgár Józsefné a *Pinus* fajokkal – virágzásuk fenofázisait, intenzitását, periodicitását, időjárási vonatkozásait, a mag kialakulásának ökológiai feltételeit, valamint a tobozelhalás okait kutatva – folytatta.

A fás szárú fajok fiziológiája esetén fontos megemlíteni az allelopátiával és a magbankkal kapcsolatos kutatásokat, melyek művelői számos egyetemről, kutatóintézetből kerültek ki. Kiemelendő Fekete Gábor mészkeszélű tölgyesekben és cseres-kocsánytalan tölgyesekben végzett kutatása, mely során huszonnégy tölgyerdei faj allelopátiás hatását is vizsgálta (Fekete 1974). Terpó és Kotori (1974) hat faj, köztük a fehér akác (*Robinia pseudoacacia*) allelopátiás hatását tesztelték természetesen növények csírázásán. Szabó és munkatársai (1987) mecseki bükkösökben vizsgálták az allelopátia megnyilvánulását, kiemelt tekintettel az ökoszisztéma talajlakó gombáinak mennyiségére és aktivitására. Szabó László Gy. szakirodalmi feldolgozáson és saját kutatáson alapuló összefoglaló művében számos – köztük sok fás szárú – növényfaj allelopátiás hatását és vegyületét ismertette (Szabó 1997). Cseres-tölgyes vágásterületek növényzetének komplex, többszempon-tú allelopátiás vizsgálatát végezte el Csontos (1991), több fajpár esetén szignifikáns allelopátiás hatást kimutatva. Az allelopátia invázióban betöltött szerepére Csizsár et al. (2013) a hazánkban legjelentősebb lágy- és fás szárú inváziós fajok allelopátiás potenciáljának vizsgálatával hívták fel a figyelmet.

A hazai magbank-kutatások között az erdőtársulásokat, illetve fásszárú fajokat célzó kutatások a fátlan élőhelyekhez képest alulreprezentáltak. Dolomit sziklagyepek helyére telepített feketefenyvesek magbankját elemezve Csontos Péter vizsgálta a magbank és a vegetáció kapcsolatát, illetve a magbank szerepét a vegetáció regenerációja során (Csontos et al. 1996a, 1996b, 1998, Csontos 2010). Matus et al. (2003) az akácok magbank-sűrűségéről közölt adatokat. Az inváziós fafajok magbankját és magtúlélését Csontos és szerzőtársai szintén vizsgálták (Cseresnyés és Csontos 2012). A természetes zavarástűrő és a gyomfajok túlsúlyát a magbankban cseres-tölgyesek esetén Csontos (2010), míg gyertyános-tölgyesek esetén Csiszár (2004) mutatta ki. Koncz et al. (2010, 2011) cseres-tölgyesek, szőlők és erdőszegélyek magbankját vizsgálva szintén a ruderalis fajok dominanciáját tapasztalták.

A növényfiziológiai kutatásokban az elmúlt időszakban fontos szerephez jutottak a természetközeli erdőgazdálkodást támogató, illetve a klímaadaptációt vizsgáló kutatások. Salamon-Albert et al. (2014, 2021) több erdőtársulás lékeiben vizsgálták a felújulási dinamikában fontos szerepet játszó fás szárú fajok funkcionális ökológiai válaszait. Az abiotikus környezeti tényezőkre adott szén- és vízforgalmi gázcsere válaszok mérése által vizsgálták a fajok ökofiziológiai karakterét, így a természetes erdőregenerációban betöltött aktuális és potenciális szerepüket. A bükk (*Fagus sylvatica*) klíma által indukált fiziológiai, kémiai adaptációját vizsgálva Visi-Rajczi és munkatársai (Visi-Rajczi et al. 2021) megállapították, hogy a peroxidáz enzim aktivitása, az összfehérje-tartalom és egyes polifenolok alkalmasak a stressztűrő képesség jellemzésére. Fafajok szöveteinek antioxidáns kapacitását vizsgálva Hofmann és munkatársai (Hofmann et al. 2020) feltárták az erdészeti melléktermékekből (kéreg, toboz, levél) kivonható antioxidánsok hasznosításának új lehetőségeit. Továbbá az álgesztes és egészséges bükk összehasonlító kutatása nyomán azonosították az álgeszt képződésben szerepet játszó kémiai anyagokat és paramétereiket (Hofmann et al. 2008).

Dendrológia

Az erdészeti növénytani kutatásokon belül az egyik leghangsúlyosabb és legrégebb óta művelt szakterület a dendrológia, a kizárólag fás szárú növényekkel foglalkozó tudomány. Ezen belül, éppen a gyakorlati kapcsolódás alapján, erdészeti és kertészeti dendrológia különböztethető meg, de ezek között éles határt természetesen nem lehet vonni.

Az első jelentős hazai mű, ahol fás szárú növényeket is találunk, kétségkívül Melius Juhász Péter 1578-ban megjelent könyve (Herbárium az fáknak, füveknek nevekről, természetekről és hasznairól), amelyben a fajok felsorolása rögtön a fás szárúakkal kezdődik, s az első 63 tétel rájuk vonatkozik. A kor igényeinek megfelelően nem véletlen, hogy az egyes fajok ismertetésénél azok „természeti, belső és külső hasznai” kerülnek előtérbe. Ugyanezt lehet elmondani Beythe András 1595-ben megjelent munkájáról (Fives Könűv Fiveknek es Faknac nevrökröl, természetökröl es hasznokrul) is, vagy éppen a többi, a középkor eszmevilágában élő orvosbotanikus – így Csapó József (1775), Benkő József (1783), Veszelszki Antal (1798), vagy a már Linné rendszerén alapuló Diószegi Sámuel és Fazekas Mihály (1807) – munkáira is.

Az első önálló dendrológiai mű összeállítása Grossinger János Keresztély érdeme, aki az „Universa historia physica Regni Hungariae secundum tria regna naturae digesta” kilenc tervezett kötetéből 1793–1797 között csak ötöt tudott nyomtatásban megjelentetni. Szerencsére ötödik kötetként napvilágot látott a „Dendrologia”, amely 179 fa- és cserjefajt tárgyal. A tudományos fajleírások helyett azonban a növények gyakorlati hasznáról, gyógyító hatásáról, történetéről, a hozzájuk fűződő szokásokról, mesékről, mondákról tájékoztat inkább (bőbeszédűen) a szerző, s gyakran szövi az ismertetésekbe saját tapasztalatait is, miközben a múltban gyökerező babonákat is megemlíti. E mű tudományos értéke ennek megfelelően a fenti munkákhoz hasonlóan csekély.

Az erdészeti dendrológia művelői közül az első kétségtelenül Heinrich David Wilckens, a selmecbányai Erdészeti Tanintézet első tanára, akinek előadásait (Forstkunde) egyik tanítványa, Nedeczey Ferenc 1814–1815-ben lejegyzetelte, s ez öt kötetben ránk is maradt. Az első kötet második része az erdészeti növénytan, amelyben az általános dendrológiai ismeretek vannak, míg a második kötet az erdei növények ismeretével foglalkozik, 48 fa-, illetve cserjefaj részletes bemutatását adva. Tulajdonképpen az első olyan dendrológiai munkáról van szó, ahol a (főleg német) szakirodalom feldolgozása mellett a fajok – első sorban erdészeti vonatkozású – jellemzéseibe hiteles saját megfigyelések és tapasztalatok is ötvöződnek. A 19. században hosszú időn át használt, német nyelven írott jegyzet sokáig nem volt elérhető, csak a közelmúltban jelent meg nyomtatott formában (Bartha 2014).

Wilckens után az erdészeti dendrológiai témájú, szintetizáló jellegű kézi és tankönyvek periodikusan jelentek meg; a sorból kiemelhető Fekete Lajos és Mágocsy-Dietz Sándor „Erdészeti növénytan II.” című kötete (1896), majd a 20. században Kiss László „Fenyők” (1956), Vancsura Rudolf „Lombos fák és cserjék” (1960), Csapody István, Csapody Vera és Rott Ferenc „Erdei fák és cserjék” (1966), valamint Gencsi László és Vancsura Rudolf „Dendrológia” (1992) című műve. Ezekben a szerzők – a szakirodalomban talált ismereteken túl – saját megfigyeléseket, kutatási eredményeket is nagy számban közölnek. Ugyanez mondható el az erdőművelés témakörét felölelő, de a dendrológiai szakterületét is érintő munkákról, így például Illés Nándor „Erdőtenyésztéstan” (1871), Vadas Jenő „Erdőműveléstan” (1898), Roth Gyula „Erdőműveléstan I.” (1935) és Majer Antal „Magyarország erdőtársulásai” (1968) című művéről.

A történelmi hűség miatt meg kell említeni Simonkai (Simkovic) Lajos próbálkozásait, aki többek között a tölgy, juhar, hárs, szil, benge, ribiszke nemzetségekről írt – főként monografikus – tanulmányokat. A Természettudományi Társulat ezt követően bízta meg őt egy magyar dendrológiai mű megírásával Simonkai ezt egyébként már korábban tervbe vette, majd a megbízás alapján újjult erővel folytatta kutatásait, amit később a földművelésügyi minisztérium anyagilag is támogatott. 1908-ban azért vonult nyugdíjba, hogy minden idejét nagy művének, a „Dendrologia Regni-Hungarici” megírásának szentelhesse. Sajnos e nagyszabásúra tervezett munka nyomtatásban sohasem látott napvilágot. A nyitvatermők és az egyszikűek kéziratát ugyan befejezte, de a kétszikűek közül csak egyes nemzetségek jelentek meg külön cikk formájában. Sajnálhatjuk, hogy az első sorban botanikai megközelítésű Simonkai-féle dendrológia nem gazdagíthatja tárházunkat.

A továbbiakban az erdészeti szempontból fontos nemzetségeket, az ott elért kutatási eredményeket vesszük sorba azzal a megjegyzéssel, hogy valamennyi hazai dendrotaxon esetében további részleteket és bővebb szakirodalmat a közelmúlt egy összegző tanulmányában találunk (Bartha 2010). Egyúttal megemlítjük, hogy a hazai dendroflóra korszerű, egységes elvek szerinti – a 20. század második fele idevágó kutatási eredményeit is magába foglaló – ismertetése Bartha Dénes „Fa- és cserjehatározó” (1997), illetve „Magyarország fa- és cserjefajai” (1999) című munkáiban látott napvilágot, illetve jórészt ez az ismeretanyag épült be a florisztikai fejezetben említett újabb növényhatározóba is.

A tölgy (*Quercus*) nemzetség területén végzett dendrológiai kutatásoknak köszönhetjük a legtöbb tudományos eredményt. A hazánk mai területén nem, de a történelmi Magyarország területén belül már őshonos magyar tölgy felismerésének és leírásának viszontagságos története van, ugyanis a „magyar Linné”, Kitaibel Pál már 1800-ban felfigyelt erre az addig nem ismert fajra. Hiába írt naplóiban azonban hat diagnózist és adott négy nevet, a tudományos körökbe csak az 1814-ben, J. A. Schultes ausztriai flórájában megjelentetett név (*Q. conferta*) és diagnózis jutott el. E nevet azonban – félreértésből, mivel az olasz Michele Tenore *Q. frainetto* nevét és leírását 1813-ra datálták – csak szinonim névként kezelték a közelmúltig, amikor is fény derült a Tenore-i leírás tényleges évére (1815). A magyar tölgy témaköre azért is érdekes, mert a 19. század második felében működő botanikusainkat élénk szakmai vitára és ezt megelőzően beható vizsgálatokra ösztönözte, ugyanis Borbás Vince két fajt (*Q. conferta* és *Q. hungarica*), Simonkai Lajos és a selmeci Fekete Lajos viszont egy fajt vélt a hazai alakkörökben felfedezni. Ez az időszak az, amikor a fajfelfogás még meglehetősen képlékeny volt, a mai értelmzésű infraspecifikus egységeket és hibrideket „önálló” fajokként aprózták el. Az elsősorban az Erdészeti Lapokban megjelent cikkek és vitaanyagok révén többé-kevésbé tisztázódtak a „jó” tölgyfajaink, illetve a fent felsorolt tölgykutatóinknak tudható be, hogy a Kárpát-medence különösen gazdag tölgyhibridjei között is többé-kevésbé sikerült rendet teremteni. E téren kiemelendő Simonkai Lajos „Hazánk tölgyfajai és tölgyerdei” c. monográfiája (1890), melynek sajátossága, hogy a hibridek esetében két nothotaxont nevez meg aszerint, hogy azok melyik szülőfajhoz állnak közelebb. Így érzékelteti, hogy tölgyhibridjeink nem minden esetben intermedier jellegűek, s a visszakereszteződés sem ritka náluk.

A kocsányos tölgy (*Quercus robur*) esetében érdekes módon a terepi szakemberek figyeltek fel két olyan faj alatti egységre, amelyeknek érthető módon gyakorlati jelentőséget is tulajdonítottak. A későn fakadó (kései) kocsányos tölgygel (var. *tardissima*) kimondottan sokat foglalkozott a hazai erdészeti szakirodalom (pl. Arató Gyula, Bund Károly, Földes János, Roth Gyula cikkei), illetve a botanikusok is (pl. Simonkai Lajos, Gayer Gyula). Az addigi ismereteket hiába egészítette ki kelet-európai (szovjet-ország) aspirantúrája során szerzett tapasztalataival Vancsura Rudolf, e morfológiai és fenológiai tekintetben sajátos változat létezésének ténye napjaink erdőgazdálkodási gyakorlatában sajnos feledésbe merült. A másik faj alatti egységre, a „szlavóniai határőrvidék csodaszép tölgyeseit” alkotó kocsányos tölgy taxonra már az 1870-es években felhívták a figyelmet, ami hamarosan a kitermelésüket is elindította, olyannyira, hogy negyed évszázad alatt a szlavón tölgyesek területe drasztikusan lecsökkent. Ezt a dendrotaxont Gayer Gyula

vezette be a tudományba 1928-ban *f. slavonica* néven és rangon, amelyet a későbbiekben Mátyás Vilmos alfaji rangra emelt. Sajnálatos tény, hogy ezt a változtatást a mai napig nem fogadják el, miként a szlavón tölgy taxon létezéséről is csak kevesen tudnak a Kárpát-medencén kívül.

Az 1960-as években Soó Rezső hívta fel a figyelmet a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* agg.) és a molyhos tölgy (*Q. pubescens* agg.), mint gyűjtőfajok kislejzaira, amelyek ökológiai viszonyait később Borhidi Attila (1969), majd Majer Antal (1989) tisztázta. A kocsánytalan tölgy esetében ennek gyakorlati jelentősége az 1970-es évek végén fellépő pusztulásnál jelentkezett, ugyanis a kislejzok eltérő érzékenységet mutattak. A molyhos tölgy gyűjtőfaj esetében az olasz tölgy (*Q. virgiliana*) kislejz létezésének elfogadása a gyakorlat részéről a mai napig – egy-két kivételt leszámítva (pl. Tolnai-dombvidék) – nem történt meg, holott épp a klímaváltozás miatt e taxon jelentősége mind a síkvidékeken, mind a hegy-és dombvidékeken előtérbe kerülhet.

Őshonos tölgyfajaink infraspecifikus változatosságát – még a botanikusokat is megdöbbentő rendkívüli aprólékosággal – Mátyás Vilmos dolgozta fel az 1960–70-es években, s az eredményekről fajoként külön publikációkban számolt be (Mátyás 1970a,b,c, 1971a,b, 1972, 1973 a,b, 1975). Külön érdeme a nagy lapszámú Magyar Tölgy Herbárium (Hungarian *Quercus* Herbarium = HQH) összeállítása, amely ma is háttéranyagként szolgál, illetve további kutatómunkának ad tárházat. Meg kell azonban említeni, hogy bizonyos taxonoknál a típuspéldányok kijelölése, illetve a bazionim megadása még várat magára, azok csak ezen pótlások teljesülésével lesznek érvényes néven használhatók. Alaposságát bizonyítja, hogy a „fitocézár” Soó Rezső alapvető, a hazai flórát és növénytarulásokat feldolgozó művében (Soó 1964–1980) a tölgy nemzetség kritikai feldolgozását – tőle szokatlanul – éppen Mátyás Vilmosnak engedte át. Mikroszisztematikai kutatómunkája mellett kiemelendők még a tölgyekkel kapcsolatos virágzásbiológiai, fenológiai és terméshológiai vizsgálata is.

A közelmúltban ismételten tapasztalhattuk a tölgykutatás fellendülését, a klasszikus szisztematikai módszerek helyett a modern taxonómiai vizsgálati lehetőségek alkalmazását. Ezek közül kiemelendők Kézdy Pál molyhos tölgy alakkörön végzett indumentológiai és egyéb mikromorfológiai elemzése (Kézdy 2002), Borovics Attila, továbbá Mátyás Gábor és Horváth Ferenc épp a HQH-n alapuló numerikus taxonómiai vizsgálatai (Mátyás et al. 1994), továbbá Bordács Sándor és Borovics Attila hibridkutatásai (Bordács 1994, Borovics 1997, 1999). A közelmúltban – a klímaváltozás ténye miatt – a szőrözött hajtásrendszerű taxonok (pl. szürke tölgy, olasz tölgy, hibridek) kutatása mutat fellendülést.

A kőris (*Fraxinus*) nemzetség tagjainál a magyar kőris megismerése a leginkább hányattatott. A 19. században Borbás Vince botanikai, majd Majerszky István gyakorlati téren is felhívta már a figyelmet a „hegyi kőristől” különböző „lapályi kőrisre”, a tudományba való bevezetése azonban csak 1960-ban, Soó Rezső és Simon Tibor révén, *F. angustifolia* subsp. *pannonica* néven történt meg. Mivel a közlésnél a Botanikai Kódex előírásait érthetetlen módon nem vették figyelembe, s másfél évtizeddel később az e taxont szlavón kőris (*F. slavonica*) néven leíró Haracsi Lajos erdész kutató sem volt elég

körültekintő, a hazai szerzők nevei illegitimek, s utólag egy cseh mikológus (!) adhatott érvényes nevet ennek a gazdasági szempontból is fontos alfajnak (*F. angustifolia* subsp. *danubialis*). A magyar kőris előfordulásait, társulásviszonyait részletesen kutató Kárpáti István és Kárpáti Vera több erdészeti periodikában is próbálta ezt a taxont bemutatni, Kárpáti Zoltán feltárta a változatosságát, viszont létezésének ténye sajnos a mai napig nem vonult be teljesen az erdészeti köztudatba (Bartha 2015–2016), s ezt az Országos Erdőállomány Adattár adatai is igazolják.

A közelmúltig gyakorlati jelentőséggel nem bíró virágos kőris (*F. ornus*) infraspecifikus változatossága, ökomorfológiai és ökofiziológiai viselkedése Domokos János, Kárpáti Zoltán, Csontos Péter és Kalapos Tibor kutatásainak köszönhetően jól ismert, s sokat tudunk a „mocsaras talajba való kőrisről”, az amerikai kőrisről (*F. pennsylvanica*) is, amelynél többek között Tóth Imre Alsó-Duna ártéri megfigyelései és tapasztalatai, a zöld és a vörös kőris változatok elkülönítése napjainkban is jól hasznosíthatók. A magas kőris (*F. excelsior*) további kutatása viszont Magyar Pál vonatkozó tanulmánya (1935) óta még várat magára, bár a magyar kőrisrel való összevetés az utóbbi időszakban numerikus taxonómiai módszerekkel mind a generatív, mind a vegetatív szervek esetében megtörtént (Silnicki et al. 2014, 2016).

Érdekes és egy kicsit sajnálatos módon a kőriseken kívüli egyéb, erdészetileg fontos elegyfajainkról többnyire csak jó száz évvel ezelőtti kutatási eredmények állnak rendelkezésre, így a juhar (*Acer*) nemzetségnél Borbás Vince és Simonkai Lajos, a hárs (*Tilia*) nemzetségnél főként Wagner János, míg a szil (*Ulmus*) nemzetségnél szintén Simonkai Lajos munkáira támaszkodhatunk. Ezen tanulmányok fajfelfogása esetenként ma már megkérdőjelezhető, de a szerzők által felállított faj alatti egységek többnyire napjainkban is megállják a helyüket.

Az erdészeti szempontból hangsúlyos nyár (*Populus*) nemzetség tagjainak kutatása botanikai szempontból heterogén képet mutat. A több mint egy évszázaddal ezelőtt, Gombocz Endre tollából megjelent „A *Populus*-nem monographiája” (1908) korszakos alkotás, viszont gyakorlati vonatkozása csekély. Ugyanakkor a nyárakkal (is) foglalkozó erdész kutatóink (pl. Koltay György, Kopecky Ferenc, Tóth Imre, Tóth Béla) kevésbé vették figyelembe a botanikai nomenklátúra szabályait, a taxonómiai szempontokat, így nagy gyakorlati jelentőséggel bíró kutatási eredményeik elismerése a botanika területén csekély mérvű. Botanikai tekintetben a legtöbb eredmény a *Leuce* szekció tagjainak kutatása során keletkezett. Itt a sort Gombocz Endre nyitotta meg, aki feltárta a fehér és a rezgő nyár (*P. alba*, *P. tremula*) infraspecifikus taxonjait, továbbá a szürke nyár (*P. × canescens*) eredetét keresztezéses vizsgálatokkal bizonyította. E nothotaxon érdekes módon olyan gyökeret vert a hazai erdészeti gyakorlatban, hogy a mai napig onnan nem lehet kiirtani, az őt megillető helyen kezelni. Ugyanis a későbbi vizsgálatok során bebizonyosodott, hogy az F1-es generációt képviselő tipikus szürke nyár a természetben ritka, mivel szülőfajaival, elsősorban a vele közel egyidőben virágzó fehér nyárral visszakereszteződik. Ezen folyamat (az introgresszió) ténye már átmutat az erdészeti genetika területére, de e helyen is hangsúlyozni kell, hogy a szürke nyárnak az erdészeti gyakorlatban nincs akkora relevanciája, mint amit hosszú ideje neki tulajdonítunk (Bartha 1991). Érdekes módon a

harmadik őshonos nyárfajunk, az *Aigeros* szekcióba tartozó, s igen megritkult fekete nyár (*P. nigra*) fajon belüli változatosságának leírásával még adósak vagyunk, ugyanakkor genetikai vonatkozásban e téren az utóbbi negyed évszázadban nagyot léptünk előre első-sorban Bach István, Bordács Sándor és Borovics Attila kutatásai folytán. A nemes nyárak terén viszont botanikai szempontból – a fejezet elején emlegetett okok miatt – adóssága van az erdészeti botanikának, a fajták nomenklatúrai szabályoknak való megnevezése ugyanis több próbálkozás (pl. Vancsura Rudolf, Tóth Béla) ellenére sem teljes körű még.

A nyárakhoz hasonlóan a fűz (*Salix*) nemzetség hazai fajai esetében is eltérő ismeretanyaggal rendelkezünk. A fűzhibridekre már korán ráirányult a figyelem, s a 19. századi sajátos fajfelfogás miatt számos hibrid került leírásra a különböző fűz alakkörök esetében (pl. Borbás Vince tevékenysége során). Ezen alakok gyakorlati vonatkozásainak, fenológiai, ökológiai sajátosságainak feltárása ugyanakkor elmaradt. Ritka fűzfajaink (*Salix aurita*, *S. elaeagnos*, *S. nigricans*, *S. pentandra*) esetében – az utóbbi három évtized természetvédelmi indíttatású kutatásai miatt – kellő ismeretanyaggal rendelkezünk, s példaértékűnek mondható Kiss Ferenc *S. rosmarinifolia*-t monografikusan feldolgozó tanulmánya is (1944). Ugyanakkor a fa alakú füzeink (*S. alba*, *S. fragilis*, s különösen a *S. × rubens*) tekintetében – a már hangoztatott nomenklatúrai, elégtelen taxonómiai háttér miatt – alulkutatottságról beszélhetünk, e csoport kutatói (pl. Simon Miklós, Tompa Károly) a botanikai vonatkozásokra kevés hangsúlyt fektettek. A gyakori, főként cserjetermetű fűzfajaink (*S. caprea*, *S. cinerea*, *S. triandra*, *S. viminalis*) pedig mind az erdészek, mind a botanikusok részéről nagyfokú mellőzöttségben maradt.

A „gyümölcstermő” fafajainkkal kapcsolatos ismeretek – köszönhetően a pomológiát művelők nagyobb számának – bővebbek és sokszor aktuálisabbak is, mint az erdészeti szempontból fontos fajok többsége esetében. Viszont ezen ismeretek segítették/segítik a „vadgyümölcsök” erdészeti alkalmazásával kapcsolatos gyakorlati erdőművelési és erdőhasználati tevékenységeket. A „crux botanicorum”-nak tekintett berkenye (*Sorbus*) nemzetség botanikusaink java részét megmozgatta, Kárpáti Zoltán hosszú időn át folytatott vizsgálatai nemcsak szisztematikájukat, hanem bonyolult szaporodásbiológiájukat is tisztázták. Örvendetes, hogy napjainkban – Barabits Elemérnek, Kézdy Pálnak, Németh Csabának és Somlyay Lajosnak köszönhetően – újra reneszánszát éli a berkenye-kutatás, tevékenységük során a ma már külön nemzetségbe sorolt lisztes berkenyék (*Aria*) esetében 12 faj, a hibrid eredetű *Hedlundia* (*Aria × Sorbus*) és *Karpatisorbus* (*Aria × Torminalis*) nemzetségeknél 2, illetve 33 kistaj létezéséről, cönológiai preferenciájáról, ökológiai sajátosságairól szerezhettünk tudást. Szintén jól kutatottak még az alma (*Malus*), meggy-cseresznye (*Prunus* s.l.) és körte (*Pyrus*) nemzetség fajai, főként Kárpáti Zoltánnak és Terpó Andrásnak köszönhetően, továbbá a monografikus feldolgozású – a „Magyarország kultúrflórája” sorozatban megjelent – közönséges dió, fehér eperfa, füge, húsos som, szelídgesztenye is. Utóbbi esetében Csapody István őshonossági, cönológiai elemzései kiemelendők. A részben gyümölcstermő, részben díszkertészeti hasznosítású cserjefajok java része dendrológiai tekintetben szintén jól ismert, így a som (*Cornus*), kecskerágó (*Euonymus*), borostyán (*Hedera*), fagyal (*Ligustrum*), benge (*Rhamnus*), ribiszke (*Ribes*), valamint az igen bonyolult taxonómiájú galagonya (*Crataegus*), rózsa (*Rosa*) és szőlő

(*Vitis*) nemzetségek is. Korábbi kutatóik közül Kárpáti Zoltánt, Terpó Andrást, Facsar Gézát kell kiemelni, napjainkban Kerényi-Nagy Viktor (galagonya és rózsa) monográfiái érdemelnek figyelmet (Kerényi-Nagy 2012, 2015).

A két félélősködő epifiton, a fehér fagyöngy (*Viscum album*) és a fakín (*Loranthus europaeus*) életmódja már régóta foglalkoztatja az erdészeti tudomány művelőit, az erdővédelem területére átmutató gyakorlati vonatkozásai pedig a terepi szakembereket, ezért velük kapcsolatban napjainkig – köszönhetően a ma sem lankadó, korszerű módszereket felvonultató kutatásoknak – jelentős ismeretanyag gyűlt össze. A különleges életciklusú félcserjék, a szedrek (*Rubus*) bonyolult, többnyire apomiktikus szaporodásuknak köszönhetően nagyfokú változatosságot mutatnak. Korábbi, szisztematikai alapon közelítő kutatóik (pl. Borbás Vince, Gáyer Gyula, Kiss Árpád) után napjainkban Király Gergely foglalkozik taxonómiai alapon a nemzetség tagjaival, amely kutatás várhatóan majd gyakorlati vonatkozásokkal is előrukkol (Király et al. 2013).

Fontos állományalkotó fafajaink, így a bükk (*Fagus sylvatica*) és a közönséges gertyán (*Carpinus betulus*) esetében kevés kutatási eredménnyel rendelkezünk. Intraspecifikus egységeiket kertészeti szempontból elemezték (Kárpáti Zoltán), klasszikus mikroszisztematikájuk feltárása azonban késik. A bükk esetében kiemelendő a gyakorlati szempontból is fontos virágzásbiológiai és hajtásképzési vizsgálatok eredményei, amelyek elsősorban a makktermés becslését hivatottak alátámasztani (Márkus László, Mátyás Vilmos). Szintén e fafajnál az utóbbi időszakban sokváltozós elemzéssel, levélmorfológiai bélyegek alapján megindult a modern taxonómia elemzés, amely az egyeden és populáción belüli változatosságon túl a keleti bükkal (*F. orientalis*) képzett átmenetekre is felhívja a figyelmet (Bartha és Raisz 2004). Ez utóbbiaknak a klímaváltozás miatt lehet gyakorlati szerepe.

A fenyők közé tartozó, hazánkban is kultivált fajok változatosságának kutatása szisztematikai vagy taxonómiai alapon nálunk többnyire mellőzött területnek számít, elsősorban genetikai változatosságuk feltárására helyezték a hangsúlyt, ahol jelentős eredményeket értek el (lásd ott). Kivételt képez az erdeifenyő (*Pinus sylvestris*), amely esetében Majer Antal végzett sokszempontú vizsgálatokat a fenyőfői „ősfenyvesben”. Ugyan Soó Rezső a hazánkban őshonosan előforduló erdeifenyő taxont alfaji rangon (subsp. *pannonica*) tárgyalta, e fajnál az area jó részén tapasztalható klinális változatosság miatt utóbb ez elvetésre került, amit Mátyás Csaba vizsgálatai is igazolnak (lásd az erdészeti genetikával foglalkozó fejezetet).

Hazai viszonylatban nem történt dendrológiai indíttatású kutatás több további fászárú fajnál, így például a mézgás éger, a bibircses nyír, illetve a közönséges mogyoró esetében sem.

Végül a dendrológiai részterületek közül megemlítendő a rövid múltra visszatekintő, Európában is csak egy-két kutatóhelyen művelt architektúra-vizsgálat, amely alapján a Magyarországon őshonosan vagy adventív módon előforduló fa- és cserjefajok 8 architektúrális modellbe és 17 típusba sorolhatók. Ezzel növekedési, szervképzési tulajdonságaik tipizálhatók, s ezekből részben erdőművelési sajátosságaikra is lehet következtetni (Bartha 2011).

Vegetációtudományok

Hazánkban a vegetáció tudományos igényű leírásának történetileg először gyökeret vert módja, és mindmáig megkerülhetetlen alapja a növénytársulástan. E szemlélet, illetve a hozzá kapcsolódó kutatások meghonosítója Soó Rezső, aki az 1930-as évektől kezdve munkatársaival szisztematikusan kezdte meg a különböző cönózisok, közöttük az erdő-társulások feltárását. A Soó-féle cönológiai iskola és az időben kicsit később kibontakozó, az ökológiai-növényföldrajzi háttérre erőteljesebben alapozó Zólyomi Bálint-féle iskola együttesen adták azt a fiatal kutató gárdát, amelynek ténykedése eredményeként az 1970-es évekre az ország különböző erdő-társulásainak (és fátlan cönózisainak) megismerése a



Fiatal erdőmérnökök csoportja (Tallós Pál, Rumszauer János és Szodfridt István) Kétvölgy közvetlen közelében, a vendvidéki vegetációtérképezés egyik terepi bejárásán. A kutatók mögött jól látszanak az akkor még intenzíven művelt kaszálók és szántók, a helyi flóra azóta részben eltűnt elemeinek élőhelyei (Kétvölgy, 1961) (Fotó: ERTI archívum)

klasszikus cönológia szabályai szerint szinte befejezettnek tűnt. Ehhez nagy lökést adott a Vác-rátóton 1951-ben megrendezett növényföldrajzi térképezési tanfolyam (Soó és Zólyomi 1951), amely kibontakoztatta a hazai növénytakaró vegetációtérképezésének és társulástani megismerésének nagyívű programját. Ezen a tanfolyamon erdészek is részt vettek (pl. Magyar Pál és Tuskó Ferenc kutatóként és oktatóként, Csapody István fiatal egyetemistaként). Így jött létre botanikusok és erdészek

között az a szoros együttműködés, mely számos eredményhez vezetett a vegetációtudományok terén, egy másik csúcspontját pedig az erdőtípológiában érte el. Kiemelendő, hogy a nagyjából egyidőben felívelő talajtan, az erdészeti termőhelyismeret-tan és a vegetációtudomány az érintett személyek révén is együtt, egymást tudományos és gyakorlatias szempontból is példamutatóan erősítve hozott létre eredményeket. A megjelenő feldolgozások, monográfiák révén több tájegységünk erdeiről is átfogó képet kaphattunk (pl. Pócs Tamás és munkatársai: Őrség és Vendvidék – Pócs et al. 1958, 1962; Simon Tibor: Szatmár–Beregi-sík – Simon 1957, Zempléni-hegység – Simon 1977; Fekete Gábor: Velencei-hegység – Fekete 1955, Bakony – Fekete 1964, Gödöllői-dombvidék – Fekete 1965; Horánszky András: Szentendre–Visegrádi-hegység – Horánszky 1964; Kovács Margit: Mátra – Kovács 1969; Horvát Adolf Olivér: Mecsek és környéke –

Horvát 1972; Borhidi Attila: Zselic – Borhidi 1984). Bizonyos erdőtársulásokról, illetve ezek csoportjairól szintén születtek monografikus feldolgozások (pl. Zólyomi Bálint: lösztölgyes – Zólyomi 1957; Jakucs Pál: bokorerdők – Jakucs 1961, erdő-gyep kapcsolatok – Jakucs 1972; Borhidi Attila: illír bükkösök – Borhidi 1963, Borhidi Attila és Csapody István: gyertyános-tölgyesek – Borhidi 1968, Csapody 1968; Pócs Tamás: fenyvesek – Pócs 1968; Csapody István: szelídgesztenyések – Csapody 1969; Majer Antal: tiszafás – Majer 1980, homoki erdefenyves – Majer 1988). A fent kiemelték mellett kisebb tájegységekre, illetve az ezeken található növényegyüttesekre vonatkozóan publikációk hosszú sora látott napvilágot. Az erdész-botanikus kutatók közül ebben az időszakban kiemelendő még Szodfridt István és Tallós Pál neve, akik több területen és több erdőtársulást illetően is máig érvényes eredményeket produkáltak (pl. Tallós 1959, Szodfridt és Tallós 1964, Szodfridt 1969).



Pócs Tamás botanikus (középen), valamint Tallós Pál és Rumszauer János erdőmérnökök a vendvidéki Szakonyfalu egyik láprétjén, vélhetően a Grajka-patak völgyében. Tallós Pál zoológiával (elsősorban lepkékkel) is foglalkozott, kezében fűháló (Szakonyfalu, 1961) (Fotó: ERTI archívum)

Az 1970-es évekre a korábbi lendület kifutott, általánossá vált az a szemlélet, hogy a hazai vegetáció megismerése és leírása elkészült. Az 1990-es évekig (az ökológiai szemléletű új kutatási irányok berobbanása következtében is) a vegetációtudományok erősen lankadt állapotba kerültek. Viszont az 1990-es években megjelent egy új, lelkes terepbotanikus generáció, melynek egyre újabb eredményei bizonyították, hogy a hazai vegetáció kutatásában is bőven vannak távlatok. A legnagyobb eredményeket erdők vonatkozásában a korábban térképezett és leírt területek újrafelmérése szolgáltatta (pl. Less Nándor: Déli-Bükk – Less 1988; Szmorad Ferenc: Kőszegi-hegység – Szmorad 1994, Soproni-hegység – Szmorad 2011; Tímár Gábor: Vend-vidék – Tímár 2002; Vojtkó András: Naszály – Vojtkó 2010), de készültek eddig nem vizsgált területekről is alapos feldolgozások (pl. Király Gergely: Fertőmelléki-dombsor – Király 2001; Frank Norbert: Dudlesz-erdő – Frank 2001; Csiky János: Karancs és Medves – Csiky 2004, Bölöni János: Tési-fennsík – Bölöni 2004). A terepi felmérések értékelése ezek többségében már új

szemlélettel, a több évtizedes változások és a korábbi évszázadok tájhasználatának feltárásával és hatásának figyelembe vételével készültek. A klasszikus Braun–Blanquet módszer mellett bevezetésre kerültek egyéb (pl. különböző transzekt) módszerek, az eredmények értékelésénél a sokváltozós elemzések (klasszifikáció és ordináció) alkalmazása is létjogosultságot nyert.



Szodfridt István és Tallós Pál erdész-botanikusok, vélhetően a Felsőnyírádi-erdő vagy a Széki-erdő felmérése közben, az 1950–1960-as évek fordulóján (Fotó: ERTI archívum)

Az elmúlt bő 30 évben az erdész-botanikusok hazai tájegységek egész során végeztek valamilyen vegetációfelmérő munkát, részben botanikusokkal munkaközösségben (a felmérések eredményei több esetben csak kézirat formájában érhetőek el). A kutatási munkák jelentős része a Nyugat-Dunántúl („Alpokalja”) tájegységeihez kötődött, így a Soproni-hegység (2011, Szmorad F.), Kőszegi-hegység (1994,

Szmorad F.), felsőcsatári Vas-hegy-csoport (1999, Király G. és Szmorad F.), Vasi-hegyhát (2000, Tímár G.), Belső-Őrség (2000, Tímár G.) és Vendvidék (2001, Tímár G.) területén számos alapvető, hiánypótló jellegű leírás és táji vegetációmográfia született. A Dunántúli-középhegységben egyes kiemelkedő természetvédelmi értékkel bíró területeken – a Magas-Bakonyban (1996, Bölöni J., Király G. és Tímár G.; 1996, Szmorad F., Bölöni J., Király G., Szabó J. és Török T.) és a Szentgáli Tiszafás területén (1997, Szmorad F.; 2012, Bölöni J. és Király G.) – folyt vegetációtérképezés vagy más irányultságú vegetációkutatás. Az Északi-középhegységből (főként különböző projektekhez kapcsolódóan) csak szórvány tanulmányok készültek, például a mátraverebélyi Meszes-tető és Kőszirt-hegyen (2009, Tímár G.), a Börzsönyben (1999, Szmorad F.; 2013, Tímár G.), a Putnoki-dombságban (2006, Szmorad F.) és az Aggteleki-karszton (2019, Szmorad F.). Az egykori természetes vegetáció maradványainak vizsgálatát célozva jelentős kutatási anyagok születtek ugyanakkor az Észak-Alföldön, az Északkeleti-Nyírség (1990, Bartha D.), a barabási Kaszonyi-hegy (1991, Bartha D. és Gencsi Z.), a nyíregyházi Sóstói-erdő (1990, Bartha D.; 2013, Szigetvári Cs., Korda M. és Bartha D.), a Bockerek-erdő (2008, Bartha D. és Vidéki R.) és a Baktai-erdő (2010, Bartha D. és Király G.) területén. A felsoroltakon túl az Alföld és a Dél-Dunántúl területéről még további, kisebb tanulmányok említhetők, többek között a Rácalmási Szigetek TT (1997, Tímár G.), a Gyáli-főcsatorna vízgyűjtője (2008, Tímár G.), a hajdúböszörményi Város-erdő (1990, Bartha D.), a Fekete- és Fehér-Körös mente (1998, Bölöni J., Király G. és Tímár G.), valamint dombóvári Kis-Konda-patak völgye (2007, Tímár G.) érintettségével.

A hagyományos szemléletű, erdőkkel kapcsolatos társulástani felmérések egyre ritkábbak, ezek mai legjelesebb képviselője Kevey Balázs, aki a hazai társulásokat – számos új asszociáció leírása mellett – Borhidi Attilával ismételtelen cönoszisztematikai rendszerbe foglalta (Borhidi és Kevey 1996), majd részletesen is leírta (Kevey 2008). A hazai társu-

lástani felvételezésnek bizonyos mértékig új lendületet adott a 20. század elején, a florisztika fejezetben már említett, hazánk természetes növényzeti örökségének felmérését célzó program részeként elvégzett cönológiai adatbázis építés (Lájer et al. 2008), melyben szintén dolgoztak erdész-botanikusok is.

Mivel a klasszikus cönotaxonok kevésbé alkalmasak egy-egy mai, többnyire átalakított növényzetű terület teljes körű jellemzésére, állapotuk („jóságuk”, természetességük) megadására, ezért az ezredforduló táján – köszönhetően a természetvédelmi szemlélet erősödésének – az élőhelytípus alapú megközelítés kezdett elterjedni. Többszöri finomítás után megszületett az Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer (ÁNÉR), amelynek egységeivel hazánk teljes területét le lehet fedni, il-



*A terepi kutatások újjáéledése nyomán az 1990-es években kezdett kialakulni a fiatal botanikusok és erdész-botanikusok újabb közössége. A közösen szervezett programok lehetőséget adtak az idősebb generáció megismerésére, a terepi tanulásra is
Növényismereti túra Csapody Istvánnal az Arbesz-réten
(Soproni-hegység, 1996) (Fotó: Szmorad Ferenc)*

letve a természetességi fokozatokkal a tényleges állományok minőségét is meg lehet adni (Bölöni et al. 2011). Ez a rendszer jobban képes kezelni a természetben sokfelé megtalálható származék állományok besorolását is. A már többször idézett „Magyarország természetes növényzeti örökségének felmérése és összehasonlító értékelése” című projekt keretében (2002–2005) – mintegy 280 ezer db 35 hektáros hatszög felméréseivel – pedig az ország teljes területén megtörtént az egyes élőhelytípusok felvétele, illetve azok állapotának részletes, sok szempontú rögzítése (Molnár et al 2007), mely adatok adatbázisba (MÉTA-adatbázis) rendezetten elérhetők a kutatók számára. Legújabban, a Natura2000 európai hálózat hazai bevezetésével teret nyert annak speciális, a közösségi jelentőségű élőhelyeket kategorizáló rendszere is (Haraszthy 2014, Szmorad és Tímár 2018a), melyet elsősorban természetvédelmi célú felmérésekben használnak.

A terepbotanika újabb kori, napjainkig tartó felfutásának egyfajta szintetizáló terméke a Zólyomi Bálint által 1989-ben készített, a hazai természetes növénytakarót ábrázoló térkép megújítása (Zólyomi et al. 2016), melynek népes szerzőgárdájában szintén helyet kaptak erdész-botanikusok.

Erdőtípológia

Az erdőtípológia az erdők vegetációs és (ehhez szorosan kapcsolódva) praktikus erdészeti tipizálásának általános kérdéseivel, a típusokhoz rendelés termőhelyi és társulástani (cönológiai) elveinek tisztázásával, az erdőtípusok elhatárolásával, és az azokhoz rendelhető erdőgazdálkodási-gyakorlati vonatkozások megfogalmazásával foglalkozó szakterület. A gyakorlati kérdések már nyilvánvalóan az erdőműveléstan területét érintik, így e helyütt most csak az erdészeti botanika alá vonható témakörök, nevezetesen az erdőtípus- és termőhelytípus jelző növények, illetve az erdőtípusok, erdőtípus-rendszerek kutatástörténetét tárgyaljuk.

A nemzetközi szintéren a 20. század első évtizedeiben, skandináv (finn) és orosz kutatók tevékenysége nyomán kibontakozó erdőtípológia hazánkban az 1930-as években jelent meg. Első művelője nálunk (szik- és homokfásítási vizsgálatai mellett) Magyar Pál volt, aki Soó Rezső – a magyarországi cönológiai kutatások elindítója, később első számú vezetője – támogatásával kezdte meg kutatásait. A szakterületet érintő korai publikációi a természetes újulat és az aljnövényzet összefüggéseit mutatták be (Magyar 1933a), majd „Erdőtípusvizsgálatok a Börzsöny- és a Bükk-hegységben” címmel megjelent klasszikus cikke (Magyar 1933b), mely tanulmány az erdőtípusok felállításával párhuzamosan már a jellemző (domináns) típusalkotó lágyszárúakat is nevesítette. Nem sokkal később elkészült a hazai bükkös és tölgyes erdőtípusok első áttekintése (Magyar 1937), azonban a világháború és egy váratlan betegség miatt az akkor még csak „egyszemélyes” tudományterület fejlődése átmenetileg elakadt.

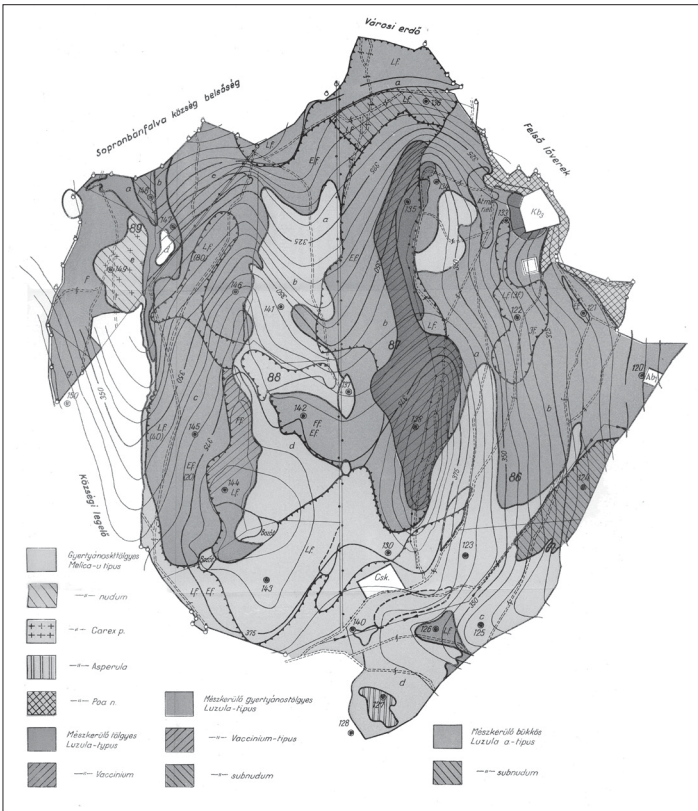
Az erdőtípológia újabb hazai szakasza a már említett vácrátóti növényföldrajzi térképezési tanfolyam (1950) utáni évektől számítható. Botanikusok és az erdészek nagy összefogásaként ekkor indult meg az erdők nagyobb léptékű, cönológiai alapú kutatása (vö. Soó és Zólyomi 1951), s ez az erdők osztályozása, illetve az erdei lágyszárúak mintázatának és termőhelyhez kötöttségének értelmezése terén is rengeteg új ismeretet hozott. A tipológiát illetően a kutatói szándék ugyanaz volt, mint Magyar Pál kezdeti vizsgálatai idejében: különböző rangú, de egyedi termőhelyi és kompozicionális jellemzőkkel bíró, ezáltal többé-kevésbé azonos módon kezelhető, kellően egyszerű, az erdőgazdálkodásban is használható vegetációs egységek felállítása. A tipizálás alapesetben a természetes (primer vagy annak vélt) erdőtársulásokra irányult, de hamar megjelent az igény a másodlagos, származék és ültetett állományok típusba sorolására is.

Az erdőtípusok felállításának, és a típusjelző növények azonosításának folyamatában fontos szerepe volt a különböző földrajzi tájakban végzett vizsgálatoknak, így többek között Babos Imre, Magyar Pál és Tóth Béla alföldi (homoki-sziki), Tóth Imre ártéri, Csapody István alpokalji-kisalföldi, Majer Antal bakonyi, Szodfridt István őrségi, bugaci és bakonyalji, Tallós Pál bakonyalji, Szőnyi László mátrai, Stefanik (Szilágyi) László középhegységi kutatásainak. Az erdész kutatók munkájához jelentős hozzájárulást adott a Bükk-fennsík botanikus kutatók által végzett vegetációtérképezése (Zólyomi et al. 1954, 1955), mely számos erdőgazdasági vonatkozású eredménnyel is előrukkolt. Az erdőtípológiai kutatások koordinálását az 1950-es évek elejétől az Erdészeti Tudományos Intézet

végezte, s e munka keretében természetes típusoknál hamar felszínre került (Majer 1956, Tallós 1960) az időközben intenzíven fejlődő növénycönológia egységeinek (asszociáció, konzociáció, illetve szubasszociáció, facies) való megfeleltetés igénye. Maga a tipológiai rendszer végül jórészt ezen az alapon épült fel, de a folyamatot Haracsi (1958, 1963) fajajösszetétel (lényegében faállománytípus) szemléletű felvetése nyomán kisebb polémia (lásd: Magyar 1959, Majer 1963, Csapody 1963) még tarkította.

Az erdőtípológiával kapcsolatos kutatások első szintézisét a Majer Antal szerkesztette „Erdő- és termőhelytipológiai útmutató” (Majer 1962) jelentette. Ez a munka az elvi alapok tisztázása mellett 14 „főállomány típus” (9 természetes, 1 származék és 4 másodlagos főtípus) keretében, vízgazdálkodási fokok szerint differenciáltan, a jellemző típusjelző fajok megadásával ismertette a hazai erdőtípusokat. A korábbi térképezések és cönológiai kutatások során a talajnedvesség és talajkémhatás gradiens mentén rendeződő, indikátor értékű („típusjelző”) fajok köre (ideértve az erdőtelepítésre tervezett területeken előforduló,

termőhelytípus-jelző értékkel bíró fajokat is) jelentősen tisztázódott. Az útmutató ennek alapján egyrészt terjedelmes fejezetben mutatta be az érintett növényeket, másrészt – nívumként – a fajok ökológiai csoportokba rendezését is megadta (lásd még Csapody et al 1963). Utóbbi feldolgozások (Horánszky Antal, Pócs Tamás, Simon Tibor, Szodfridt István és Tallós Pál közreműködésével) a talajnedvesség és talajkémhatás mellett fekvés (magassági helyzet) és bolygatás-tűrés tekintetében is értékelték a növényeket, összesen 47, tipológiai célú használatra alkalmas ökológiai csoportot kialakítva. Ugyancsak a típusjelző növények szé-



Az erdőtípus-térképezés hőskorában a cél az erdőgazdálkodás vegetációs ismeretekre alapozott támogatása volt. A Vas-hegy és Klastrom-hegy (Soproni-hegység) környékének erdőtípus-térképe egyike a kevés fennmaradt térképi dokumentációknak (Forrás: Csapody István, 1964)

leőbb körű megismertetését szolgálta (a megjelenés/morfológia, termőhelyi preferencia, gyakorlati vonatkozások ismeretanyagának rögzítésével) az „Erdő- és termőhelytípusok útmutató növényei” című kézikönyv (Majer 1963), melyben a szerző – színes illusztrációkkal – közel 140 lágyszárú növény termőhelyi-élőhelyi kötöttségét mutatta be.

A táji erdőművelés gondolatával ötvözve az erdőtipológia gyakorlatba ültetését is szolgálta az Országos Erdészeti Főigazgatóság „zöld könyvek” néven ismertté vált kiadványsorozata (Danszky 1963). A széles körű szakmai összefogással készült kötetek az addig végzett, nagyszámú, jórészt publikálatlan erdőtipológiai felmérések, térképezések eredményeit, illetve az 1950-es évektől tartott terepi képzések, tanfolyamok tapasztalatait is magukba foglalták – s mindezt táji bontásban! Az erdőtípusok itt rögzített leírásai, és a típusokhoz társított egyéb információk az erdőgazdálkodás (azon belül elsősorban az erdőtervezés és erdőművelés) biológiai alapokra helyezésének korábban soha nem látott részletességű lehetőségét biztosították. A gyakorlati igények kielégítésére a kiadványsorozathoz megalapozó jellegű, az erdő- és termőhelytérképezési ismereteket részletező módszertani kötet is készült (Danszky és Rott 1964).

Az erdőtipológia hazai aranykora (az erdőtípusok és az erdei lágyszárú-ismeret hangsúlyos kezelése) az Országos Erdészeti Főigazgatóság működési idejére (1954–1967) esett. Az erdészeti szakmai főhatóság átszervezése ugyanakkor az ökológiai alapokra helyezett erdőgazdálkodás erősödésében jelentős törést hozott. Az „új gazdasági mechanizmus” (1968) megjelenésével a tipológiai alapú gondolkodás és kutatás egyre inkább háttérbe került, s ennek a folyamatnak az sem kedvezett, hogy az 1970-es évek elejétől az egyébként „szövetséges” botanikusok zöme más tudományterületek felé fordult. Majer (1968) összefoglaló jellegű, a korábban már közreadott erdőtipológiai rendszert (14 főtípus, lágyszárúak szerint differenciált erdőtípusok) megújított formában tartalmazó műve („Magyarország erdőtársulásai”) lényegében már ebbe a közegbe érkezett, és hatását nem is tudta érdemben kifejteni. Ma már kimondható, hogy a kitarató és tudományosan is megalapozott próbálkozások ellenére a hazai erdészeti gyakorlat az erdőtipológiát nem igazán tudta integrálni.

Míg az 1970-es évektől az erdőtípusokban való gondolkodás a szakmai hétköznapiakból teljesen kikopott, addig a termőhelytípus (elsősorban az erdősítések megkerülhetetlen alapjaként) képes volt megmaradni és betölteni a szerepét. Az állományok tipizálására pedig létrejött és meghonosodott (előbb az erdészeti igazgatásban, majd némileg visszafogottabban a gazdálkodásban) a faállománytípusok részletes kategóriarendszere. Ezzel a változással viszont jórészt eltűnt a szakmai közgondolkodásból a lágyszárú növények által hordozott részletesebb, finomabb információtartalom, s ez a hazai erdőgazdálkodásnak – különösen a 21. század társadalmi-szakmai kihívásainak tükrében – nem vált a javára. Egy különösen fájó veszteség, hogy a típusok háttérben egyértelműen észrevehető és meg is fogalmazott vízgazdálkodási fok nem maradt meg a gyakorlatban, pedig ez nagyon hasznos a termőhely hidrológiai besorolásának ellenőrzésére és (főleg a többletvízhatástól független termőhelyen) ennek a finomítására is. Ígéretes indulása ellenére sajnos nem nyert teret az erdei fajok ökcsoport rendszere a gyakorlatban és a botanika tudományában sem. A tipológia visszaszorulásában kivételt talán csak az oktatás jelentett, hiszen

az erdőtípus- és termőhelytípus jelző növények ismeretanyaga a középfokú és felsőfokú erdészeti szakoktatásban továbbra is megmaradt – a típusjelző növényekkel kapcsolatos ismeretek újabb rendszerezését adja például a „Növényismeret” című egyetemi jegyzet (Agócs 1983). Említést érdemel továbbá, hogy a felsőfokú erdészeti szakoktatásban a tipológiai rendszert illetően újítások is történtek. Egy ökológiai alapú rendszer felállításával már Csesznák (1985) is kísérletezett, szélesebb körben viszont a Koloszár (1990) által készített, új séma kapott nagyobb figyelmet. Ebben a szerző az erdőtípusokat magukba foglaló erdőtársulásokat – a korábbi Majer-féle rendszertől eltérve, Jakucs (1981) nyomán – egy ökológiai-termőhelyi vázba (zonális erdők, xerofil és higrofil intrazonális erdők) helyezte el.

Az utóbbi három évtizedben erdőtípológiai alapú munkák mindezen fejleményektől függetlenül már alig születtek, kivételként csupán néhány északi-középhegységi tanulmányt tudunk említeni (lásd Szmorad 1995, 1996). Az utolsó terjedelmesebb, bár új kutatások nélkül készített munka az „Irányelvek a természetvédelem alatt álló erdők kezelésére” című útmutató volt (Keszthelyi et al. 1995), amelyben Csapody István szakmai vezetése mellett a szerzők a védett erdők kezelési irányelveit – az ökológiai szempontok erősítését biztosítandó – megkísérelték ismét tipológiai alapokra helyezni. Törekvésük ugyanakkor nem járt sikerrel, a későbbi, hasonló munkák természetközeli erdők vonatkozásában (a korszellemnek megfelelően) már tipizálási és kezelési kérdések tekintetében is erdőtársulásokban (Bartha 2001) vagy élőhelytípusokban (Böloni et al. 2011, Haraszthy 2014, Szmorad és Tímár 2018a, 2018b) gondolkodtak. Az erdőtípusok használatának kiszorulásában egyébként talán a gazdálkodási gyakorlat megváltozása is szerepet játszott: míg a korábbi erdőkielések, nagy területű tarvágások (homogenizáló hatások révén) fajszegényebb, egyszerűbb, jobban tipizálható erdőképet hoztak létre, addig a természetközeli gazdálkodási módszerek (kisebb területű véghasználatok, differenciált beavatkozások, emelkedő vágáskorok) terjedése, az erdők regenerációja a homogén típusok visszaszorulását eredményezte.

Az erdőtípológiai kutatásokkal kapcsolatban végezetül ki kell még emelnünk azokat a munkákat, amelyek a hazai edényes növényfajok (köztük az erdő- és termőhelytípológia szempontjából fontos lágyszárúak) ökológiai, cönológiai és szociális viselkedését tipizálták. Zólyomi et al. (1967) a hő-, nedvesség- és talajigény mutatókat dolgozták ki (TWR-értékek), Soó (1964–1980) ugyanezeket és a nitrogén-igényt (TFRN-értékek) adta meg, majd Borhidi (1995) összesen 7 jellemző (a fentieken túl fényigény, szélsőséges klímahatások tűrése és sőtűrés) tekintetében (TWRNLCS-mutatók) jellemezte az egyes fajokat. A cönológiai viselkedés kategorizálása Soó (1964–1980) és Borhidi (1995), a szociális viselkedés leírása Simon (1992) vegyes, több szempontot ötvöző természetvédelmi érték-kategória (TVK) rendszerében és Borhidi (1995) szociális magatartás típus (SZMT) rendszerében jelent meg. A cönológiai preferencia leírása cönotaxonok, az ökológiai viselkedés tipizálása relatív érték-kategóriák, a szociális jellemzők kategorizálása viselkedés-típusok szerint történt. Valamennyi besorolás közös jellemzője, hogy nem mért-számított értékek, hanem terepi megfigyelések, tapasztalatok alapján – lényegében ökológiai, cönológiai és szociális magatartást tükröző csoportok készítésével – készültek

(a terepi mérések alapján történő besorolás az ökológiai mutatószámok esetében sem biztosítható, itt is csak a fajok relatív sorrendjének meghatározására van mód). Az említett munkák szerzői között erdészek ugyan nincsenek, de azokban egyrészt az erdészeti kutatások eredményei is tükröződnek, másrészt azok erdészeti jelentőséggel is bírnak.

Természetvédelmi botanika

A természetvédelmi jellegű, de tudományos alapokon nyugvó botanikai kutatások előfutárai az 1970-es évek közepén jelentették meg azokat a tanulmányokat, amelyekben a flóra és a vegetáció ember által kiváltott, negatív irányú változásaira hívták fel a figyelmet. Szerencsés módon a botanikusok (Kovács Margit, Priszter Szaniszló) mellett erdészek (Csapody István, Szodfridt István) is részesei lettek ennek a kutatóközösségnek,



Terepi diszkusszió a Köszei-hegység sziklai erdeifenyvesének sorsáról Borhidi Attilával, és a társulást az 1950-es években felismerő Vida Gáborral. A bejárás témája egyértelműen a ritka társulás egyetlen hazai állományának megőrzési lehetősége volt (Velem: Péterics-hegy, 2013) (Fotó: Gruber Ágnes)

összeállításuk (Kovács et al. 1977) nemcsak úttörő tevékenység, hanem a későbbi, e téren működő és egyre gyarapodó számú kutató alapműve is. Megjegyzendő, hogy Csapody István egész élete során a természetvédelmi szemlélet jegyében művelte külföldön is elismert botanikai kutatótevékenységét, „Védett növényeink” című könyve (1982) sokáig a hazai botanika és természetvédelem egyik alapműve volt. A rendszerváltozás után ugrásszerűen megnőtt a fiatal, terepi botanikusok száma, köztük az erdész végzettségűeké is (pl. Szmorad Ferenc, Tímár Gábor, Kézdy Pál, Hulják Péter, Király Gergely, Bölöni János, Riezing Norbert), akiknek kutatási tevékenysége – elsősorban a természetvédelem felől támasztott igények miatt – részben a ritka növények felé fordult. Több dendrotaxon, illetve erdőhöz kötődő ritka lágyszárú esetében számos új florisztikai, cönológiai, s ezen túl ökológiai, konzervációbiológiai megfigyelés, tapasztalat gyűlt össze, amelyet a tradicionális folyóiratok mellett a frissen alapított periodikák (pl. Tilia, Kitaibelia, Flora Pannonica, Kanitzia) közöltek (kiemelendő, hogy a megnevezett kiadványok közül a Tilia-t és a Flora Pannonica-t az erdészeti felsőoktatás intézményénél alapították és jelentetik meg). Ezen mai napig is intenzíven tartó kutatómunka tetemes eredményei szintetizáló művek összeállítására is lehetőséget teremtettek,

összeállításuk (Kovács et al. 1977) nemcsak úttörő tevékenység, hanem a későbbi, e téren működő és egyre gyarapodó számú kutató alapműve is. Megjegyzendő, hogy Csapody István egész élete során a természetvédelmi szemlélet jegyében művelte külföldön is elismert botanikai kutatótevékenységét, „Védett növényeink” című könyve (1982) sokáig a hazai botanika és természetvédelem egyik alapműve volt. A rendszerváltozás után ugrásszerűen megnőtt a fiatal, terepi botanikusok

amit a ritka fa- és cserjefajokat bemutató monográfiák (Bartha et al. 1999; Bartha 2010, 2012), vörös listák (legutóbb Bartha 2019), az erdőtársulások esetében a „Vörös könyv” (Borhidi és Sánta 1999), áttekintő jelleggel a „Természetvédelmi növénytan” (Bartha 2012) és a „Természetvédelmi élőhelyismeret” (Bartha 2013) példának. Az elmúlt bő két évtizedben természetvédelmi indíttatású, praktikus célokat is szolgáló kötetek sora jelent meg, melyek botanikai jellegű ismertetéseikben a korábban tárgyalt résztudományok (főképp a vegetációtan) időközben ismertté vált eredményeit is szintetizálták (pl. Frank 2000; Bartha 2001; Haraszthy 2014; Korda 2016; Szmorad et al. 2018).

Invázióbotanika

A növénytan egyik legfiatalabb szakterületének az invázióbotanika számít, amelynek csírái ugyan – elsősorban Priszter Szaniszló úttörő tevékenységének köszönhetően – már az 1960-as években felfedezhetők, de robbanásszerű kibontakozása csak az ezredfordulóra tehető. Sajátos tény, hogy az özönfajok kutatására a gazdálkodói szektor (erdő-, mező-, hal- és vadgazdálkodás) kevés hangsúlyt fektetett, helyettük elsősorban a természetvédelmi érdekek, előrelátó szakemberek és újabban jogszabályok serkentették ezeket. A kutatások első időszakára a fajközpontúság volt jellemző, sorra készültek el az özönfaj-monográfiák, amelyek összeállítása valódi team-munkát igényelt, ugyanis a klasszikusnak számító vizsgálati szempontok (pl. taxonómia, morfológia, florisztika, cönológiai és ökológiai preferencia) mellett új szempontok (pl. életciklus, életmenet, biotikus interakciók, humán-egészségügy) is felbukkantak. Az erdészeti szempontból fontos fásszárú özönfajok esetében az adventív szőlőfajok (*Vitis* sp.), amerikai kőris (*Fraxinus pennsylvanica*), arany ribiszke (*Ribes aureum*), ecetszömörce (*Rhus typhina*), fehér akác (*Robinia pseudoacacia*), cserjés gyalogakác (*Amorpha fruticosa*), illatos nyáriorgona (*Buddleia davidii*), keskenylevelű ezüstfa (*Elaeagnus angustifolia*), kései meggy (*Prunus serotina*), közönséges borostyánszőlő (*Parthenocissus inserta*), közönséges orgona (*Syringa vulgaris*), mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima*), nyugati ostorfa (*Celtis occidentalis*), turkesztáni szil (*Ulmus pumila*), zöld juhar (*Acer negundo*) inváziós ismeretanyaga is összeállt, s az inváziós erdei lágyszárúak közül ugyanez mondható el az amerikai és kínai karmazsinbogyó (*Phytolacca americana*, *Ph. esculenta*), amerikai keresztlapu (*Erechtites hieraciifolia*), betyárkóró (*Conyza canadensis*), bíbor és kisvirágú nebánsvirág (*Impatiens glandulifera*, *I. parviflora*), egynyári seprence (*Stenactis annua*), észak-amerikai őszirózsák (*Aster* spp.), magas és kanadai aranyvessző (*Solidago gigantea*, *S. canadensis*), magas kúpvirág (*Rudbeckia laciniata*), óriáskeserűfű fajok (*Fallopia* spp.), közönséges selyemkóró (*Asclepias syriaca*), süntök (*Echinocytis lobata*) esetében is (Botta-Dukát és Mihály 2006, Botta-Dukát és Balogh 2008, Mihály és Botta-Dukát 2004, Csiszár 2012). Az egyes fajok ismeretéhez a magyarországi elterjedés- és elterjesztés-történettel kapcsolatos kutatások (Korda 2018) is hasznos adalékokat szolgáltattak.

A fenti, alig egy évtizedes, fajokra összpontosuló ismeretszerzés után az ezredforduló utáni második évtizedben a gyakorlati terület kutatása került előtérbe, ahol a még sokszor hiányos, de egyre jobban gyarapodó ismeretek a tudományos alapokon nyugvó

természetvédelmi kezelés részévé váltak/válnak (pl. Csiszár és Korda 2015). Ez ugyan már túlmutat az erdészeti botanika szakterületén, de jól reprezentálja a „*theoria cum praxi*” elv valóra válását, amely valamennyi gyakorlati szakterülethez kapcsolódó alap- és alkalmazott kutatás esetében a legfőbb szempontnak számít.

Jelen

Erdészeti növénytan témakörben intézményi keretek között jelenleg a Soproni Egyetem „növénytani tanszékén” folynak szervezett kutatások. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy e területen más intézményekben ne végeznének kutatómunkát, de ezek általában nem célzottan erdészeti problémakört igyekeznek feltárni, hanem többnyire más kutatásokba ágyazottak, vagy személyes érdeklődésből fakadnak. Közép-európai kitekintésben hasonló helyzetet találunk, általában az erdészeti fakultások növénytani oktatásához és oktatóihoz kapcsolódnak a tényleges kutatótevékenységek. Az erdészeti kutatóintézetben korábban mind hazai, mind nemzetközi viszonylatban (pl. Malonya, Kórnik) intenzívebben művelték ezt a szakterületet, napjainkban azonban más kutatási témákra helyezték a hangsúlyt. Mindezekén túl az erdészeti növénytan a mai hazai botanikának is integráns része az ebben dolgozók tudatos munkája révén, amit számos közös kutatás, publikáció, (akár országos szintű) együttműködés, konferencia bizonyít.

A magyarországi erdészeti botanika jelenkori kutatásai az említett tudományterületek közül – itt most csak az erdészeti felsőoktatás helyszínére koncentrálna – elsősorban a florisztika, herbológia, dendrológia, természetvédelmi botanika, invázióbotanika területére fókuszálnak. E szakterületek művelése mögött szinte minden esetben az erdőkhöz kapcsolódó mintázatok és ökológiai összefüggések jobb megértésének szándéka, az erdők dinamikus változó környezeti feltételek és erőteljes inváziós folyamatok melletti fenntartásának kérdése áll.

Jövő

Néhány évtizedes időtávlatban az erdészeti botanikai témakörében a jövőt illetően az alábbi szakterületeken rajzolódna ki hangsúlyosnak vélt kutatási feladatok:

1. A molekuláris genetikai vizsgálatok az utóbbi két évtizedben betörték a taxonómiába is. A magasabb rangú taxonómiai fokozatok nagyobb részt tisztázódtak, s egy valós filogenetikai rendszer részét képezik, így ezen a téren jelentős változás már nem várható. Ezzel szemben a mikrotaxonómiában és hibridkutatásban e módszer alkalmazása most van kibontakozóban, botanikai célú felhasználása frontáttörést jelenthet az eddig többnyire (levél)morfológiai alapon megkülönböztetett intraspecifikus egységek és hibridek valós taxonómiai helyzetének (és ezen keresztül ökológiai, gyakorlati vonatkozásai) feltárásában. Az erdei fafajok terén például a magyar kőris és a szlávön tölgy alfajok helyzetének tisztázása, más alfajokhoz való viszonya, taxonómiai besorolásuk ellenőrzése jelentkezik feladatként. További feladat lehet a tölgy nemzetség hazai alakkörein belül leírt infraspecifikus taxonok felülvizsgálata, a jelenlegi szisz-

tematikai rangjukkal való összevetés, az erdészeti gyakorlat számára is megfogható egységek (pl. korán és későn fakadó kocsányos tölgy, kocsánytalan tölgy kisleveles, olasz tölgy, szürke tölgy) hangsúlyos vizsgálatával Ehhez a területhez sorolható még a nagylevelű hárs, mezei juhar, sajmegegy, fehér fagyöngy, továbbá számos cserjefaj (pl. veresgyűrű som, bíborfűz, mandulalevelű fűz, serevényfűz) alfajainak tisztázása, gyakorlati szerepük feltárása is. A hibridkutatásban szintén több, erdészeti szempontból tisztázandó feladat van, mint például a magas és magyar kőris eddig kevésbé feltárt hibridjének vizsgálata, a tölgyhibridek, a nagylevelű és kisleveles hárs, a hegyi és mezei szil, a fehér és törékeny fűz hibridjeinek feltárása, jövőbeli szerepük tisztázása. Ide sorolandók azok a feltételezett vagy le is írt hibridek, amelyek természetvédelmi szempontból is fontosak (ritka fajaink állományainak további gyengüléséhez, eltűnéséhez vezethetnek), mint a mezei és turkesztáni szil, a bibircses és molyhos nyír, a fekete és egybibés galagonya, a vastaggallyú körte és vadkörte, a vadalma és házi alma, a csepleszmegegy és közönséges megegy hibridizációs viszonyainak feltárása. Szintén botanikai vonatkozású feladat, s molekuláris genetikai vizsgálatokat igényel a gyűjtőfajok–kisleveles kapcsolatainak, illetve a kisleveles egymáshoz való viszonyának tisztázása is (pl. *Crataegus rhipidophylla* agg., *C. ×macrocarpa* agg., *C. ×subsphaerica* agg., *Prunus domestica* agg., *Pyrus communis* agg., *Quercus petraea* agg., *Q. pubescens* agg., *Rubus fruticosus* agg., *R. corylifolius* agg., *Vaccinium oxycoccos* agg.).

2. Bár a Pannon-medence nem bővelkedik endemikus fajokban, s különösen fásszárúakban nem, a meglévő, főleg faj alatti egységek, illetve kisleveles kutatásának intenzívebbé, szervezettebbé tétele, más (esetenként külföldi) kutatóműhelyekkel e téren való fokozottabb együttműködés elemi kötelességünk. Ilyen pannon jellegű dendrotaxon a magyar kőris, a szlavón tölgy, az *Aria* sp. (7 microspecies), *Hedlundia* sp. (2 microspecies), *Karpatisorbus* sp. (34 microspecies), mátrai őszjuhar, magyar vadkörte, fekete galagonya, továbbá számos *Rosa* és *Crataegus* hibrid.

3. A környezetváltozás és az erdei növényfajok/élőhelytípusok válaszreakcióinak kutatása nem kizárólag botanikai területű, de mindenképpen sürgető, más kutatóműhelyekkel szoros együttműködést igénylő feladat. E téren nem csak a klímaváltozással kapcsolatos, ígéretes kutatások értendők, hanem a más emberi hatásra kialakult környezeti változások vizsgálata is. Megfelelő monitoring-rendszerek kiépítése, erdeink átalakulásának, az erdei biodiverzitás csökkenésének, az erdei életközösségek összetételi és szerkezeti változásának nyomon követése, illetve az ezekből leszűrhető tanulságok alapján az alkalmazandó és kerülendő erdőkezelési módokra, technológiákra való javaslattevés az erdészeti ágazat jövője szempontjából alapvető fontosságú.

4. A vegetációismeret, fitocönológia terén még mindig vannak megismerésre váró fehér foltok és alapos(abb) feldolgozásra váró egységek. Bár erdős tájegységeink többségén már történt vegetáció-/élőhelytérképező munka, ismereteink korántsem mondhatók teljesnek. Egyrészt e munkák többsége nem lépett túl az akkor aktuális állapot térképi rögzítésén és szöveges leírásán, s az eredmények tudományos feldolgozása, rendszerbe illesztése is csak ritkán történt meg. Másrészt esetenként már aktuális lehet az újratérképezés is, illetve monitorozó munkák révén szilárd tudásunk lehetne az erdőben zajló

hosszabb távú vegetációs folyamatokról, változásokról, aminek lehetnek hozadécai az erdészeti gyakorlat síkján is. A korábbi munkák közül többek között (a Vendvidék felmérése nyomán) a délnyugat-dunántúli erdeifenyvesek újraértékelése (Tímár 2002), vagy a Soproni-hegység égerligeteinek kritikai feldolgozása (Szmorad 2011) hozható fel pozitív példaként. Az eddigi (különösen az elmúlt 2–3 évtizedben végzett) térképezések alapvetően védett, Natura2000-es területekre koncentráltak. Egyszerű, akár erdészeti adattári adatokon végzett lekeresések, elemzések révén még mindig található olyan tájrészletek, erdőtömbök, melyek ilyen mélységben nem ismertek, és felmérésre érdemesek. Végül a vegetációs egységek között is található olyanok, melyek alapos feldolgozásra, revideálásra várnak, köztük legnagyobb területű, zonális erdőtársulásaink közül a cseres- és a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek, vagy a síkvidéki-dombságperemi cseres-kocsányos tölgyesek. Az újabb feldolgozásoknak, (át)értékeléseknek komoly alapot adnak a közelmúlt nagy tömegű tájtörténeti, ökológiai kutatásainak eredményei is. A mai tapasztalatok általánosságban azt is megerősítik, hogy hazánk növényzetének megismerése, a nagy mennyiségben gyűlő terepi információ szilárd alapot adhat az összefüggéseket vizsgáló, oknyomozó (inkább ökológiai) és a kezelésekkel összefüggő (praktikus erdészeti és természetvédelmi) kutatásoknak is.



A vegetáció viszonylag gyors és markáns változása nem érthető meg a múlt ismerete nélkül. Az Őrségben Pócs Tamás adja át fél évszázaddal korábban megszerzett terepi ismereteit az ifjú kutatóknak: szakmai diszkusszió az egykor típusos, elegyetlen, ma erősen lombelegyes erdeifenyvesekben (Szalafő: az Őserdő közelében, 2000) (Fotó: Timár Gábor)

ciális termőhelyeinek becslése, és ezeknek a modellek javításában, pontosításában való felhasználása. Ezt szolgálná az egyes erdőalkotó fafajok egykori, mai és potenciális areájának pontosítása, a klímaváltozástól függetlenül zajló átrendeződési, elegyarány-változási folyamatok megismerése is.

5. A fafajok klímaváltozás hatására becsülhetően bekövetkező areaváltozásainak modellezése, illetve az erdők várható kompozicionális átrendeződésének, újraszerveződésének vizsgálata szintén kiemelten fontos kérdés lesz a közeljövőben. A kérdéskör vizsgálatával kapcsolatban az erdészeti növénytanak elsősorban leíró, alapadat-szolgáltató szerepe kell legyen. E tekintetben elsőként említendő az erdőtársulások (azon belül is főleg a zonális erdők) recens előfordulásainak, állományainak felmérése, poten-

6. A korábbi erdészeti herbológiai kutatások elsősorban gyakorlat-orientáltak voltak, és valószínűleg a jövőben is jelentős hangsúly helyeződik majd a hatékony gyomkorlátozási technikák vizsgálatára. Az őshonos gyomfajok korlátozásával kapcsolatban számos gyakorlati tapasztalat áll rendelkezésünkre. A jövőben szükségszerűen és várhatóan jobban előtérbe kerül majd a környezetkímélőbb, természetközelibb módszerek vizsgálata és az újonnan megjelenő gyomfajok, adventív fajok elleni védekezés hatékony stratégiájának kidolgozása.

7. Az invázióbotanikai kutatásokat nemcsak a már meglévő özönfajokra kell összpontosítani, hanem a potenciális inváziós fajokra is, melyek egy része már itt van hazánkban (pl. *Buddleja davidii*, *Elaeagnus commutata*, *Hedera crebescens*, *Paulownia* sp., *Populus deltoides*, *Prunus cerasifera*, *Ptelea trifoliata*, *Quercus rubra*), másik része (pl. *Acacia* sp., *Akebia quinata*, *Baccharis halimifolia*, *Eucalyptus* sp., *Leucaena leucocephala*, *Ligustrum sinense*, *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis juliflora*, *Toona sinensis*) viszont még nincs jelen a flóránkban, de esetleges bekerülésük súlyos problémákat gerjeszthet a jövőben. Kockázatelemzésük már megtörtént (Bartha 2020), amely alapot adhat a még sajnos most is hiányzó erdészeti inváziós stratégia kidolgozásához.

Irodalom

- Agócs J. 1983: Növényismeret. (Növényrendszertani gyakorlatok.) Egyetemi jegyzet, Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron, 305 o.
- Antal J., Bartha D., Bálint S., Bölöni J., Király G., Markovics T. és Szomorad F. 1994: A Kőszegi-hegység virágos flórája. In: Bartha D. (szerk.): A Kőszegi-hegység vegetációja. EFE Növénytani Tanszék, Kőszeg–Sopron, 54–99. o.
- Bartha D. 1991: Bastardierung und Introgression bei den Weisspappelpopulationen (*Populus alba* L.) in Ungarn. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 80: 177–180.
- Bartha D. és Mátyás Cs. 1995: Erdei fa- és cserjefajok előfordulása Magyarországon. Saját kiadás, Sopron, 224 o.
- Bartha D., Bölöni J. és Király G. (szerk.) 1999: Magyarország ritka fa- és cserjefajai I. Tilia 7: 1–286.
- Bartha D. (szerk.) 2001: A természetserű erdők kezelése, a kultúr- és a származékerdők megújítása. Átmenet a természeti folyamatokat figyelembe vevő erdőkezelés felé. – A KöM Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei 7. TermészetBúvár Alapítvány Kiadó, Budapest, 286 o. + VIII. tábla.
- Bartha D. és Raisz Á. 2004: Untersuchungen zur Variabilität von Blattmerkmalen innerhalb der Krone bei *Fagus sylvatica* und *Fagus orientalis*. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 38(4): 169–178.
- Bartha D. 2010: The past, present, and future tasks of Hungarian dendrological researches. Acta Biologica Hungarica 61(Suppl.): 2–19.
- Bartha D. 2011: Architekturmodelle und -typen von Gehölzen des pannonischen Raumes. Acta Botanica Hungarica 53(3–4): 215–224.
- Bartha D. (szerk.) 2012a: Természetvédelmi növénytan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 403 o.
- Bartha D. (szerk.) 2012b: Magyarország ritka fa- és cserjefajainak atlasza. Kossuth Kiadó, Budapest, 352 o.

- Bartha D. 2013: Természetvédelmi élőhelyismeret. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 213 o. + 48 o. képmelléklet.
- Bartha D. (közreadja) 2014: Heinrich David Wilckens: Erdészettan I. és II. kötet. Nedeczki Nedeczky Ferenc 1814–15-ben német nyelven készített jegyzetei alapján magyarra fordította Zakar János. Sajtó kiadás, Sopron, 215 o.
- Bartha D., Király G., Schmidt D., Tiborcz V., Barina Z., Csiky J., Jakab G., Lesku B., Schmotzer A., Vidéki R., Vojtkó A. és Zólyomi Sz. (szerk./eds.) 2015: Magyarország edényes növényfajainak elterjedési atlasza / Distribution atlas of vascular plants of Hungary. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó / University of West Hungary Press, Sopron, 329 o.
- Bartha D. 2015–2016: Eine wenig bekannte Esche: die Ungarische Esche *Fraxinus angustifolia* Vahl. subsp. *danubialis* Pouzar. Teil I–II. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 100: 197–204., 101: 55–68.
- Bartha D. 2019: Vörös Lista. Magyarország veszélyeztetett fa- és cserjefajai. / Red List. Threatened tree and shrub species of Hungary. Soproni Egyetem Kiadó / University of Sopron Press, Sopron, 59 o.
- Bartha D. 2020: Fekete Lista. Magyarország inváziós fa- és cserjefajai. / Black List. Invasive tree and shrub species of Hungary. * Szürke Lista. Magyarország potenciálisan inváziós fa- és cserjefajai. / Grey List. Potentially invasive tree and shrub species of Hungary. Soproni Egyetem Kiadó / University of Sopron Press, Sopron, 84 o.
- Bartha, D. 2021: An annotated and updated checklist of the Hungarian dendroflora. Acta Botanica Hungarica 63(3–4): 227–284.
- Bordács S. 1994: Virágzásbiológiai megfigyelések kocsányos tölgy egyedeken. Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közlemények 40-41: 53–65.
- Borhidi A. és Kevey B. 1996: An annotated checklist of the Hungarian plant communities II. The forest communities. In: Borhidi A. (ed.): Critical revision of the Hungarian plant communities. Janus Pannonius University, Pécs, 95–138. o.
- Borhidi A. és Sánta A. (szerk.) 1999: Vörös Könyv Magyarország növénytársulásairól 1–2. A KöM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei 6. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, 362 o., 404 o.
- Borhidi A. 1963: Die Zönologie des Verbandes Fagion illyricum I. Allgemeiner Teil. Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae 9: 259–297.
- Borhidi A. 1968: Die geobotanischen Verhältnisse der Eichen-Hainbuchenwälder Süd-osteuropas. Feddes Repertorium 77: 296–316.
- Borhidi A. 1984: A Zselic erdei. (The Forests of Zselic.) Dunántúli Dolgozatok Természettudományi Sorozat 4: 1–145.
- Borhidi A. 1995: Social behaviour types, the naturalness and relative indicator values of the higher plants in the Hungarian Flora. Acta Botanica Hungarica 39: 97–182.
- Borhidi A. 2003: Magyarország növénytársulásai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 610 o.
- Borovics A. 1997: A kocsánytalan tölgyek levélmorfológiai vizsgálata. Erdészeti Kutatások 86–87: 125–142.
- Borovics A. 1999: A kocsányos tölgy és a kocsánytalan tölgy fajcsoport elkülöníthetősége: adalékok a hibridek és kistajok megítéléséhez. Erdészeti Kutatások 89: 93–110.
- Botta-Dukát Z. és Balogh L. (eds.) 2008: The most important invasive plants in Hungary. Hungarian Academy of Sciences, Institute of Ecology and Botany, Vácrátót, 255 o.

- Botta-Dukát Z. és Mihály B. (szerk.) 2006: Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények II. A KvVM tanulmánykötetei 10., TermészetBúvár Alapítvány Kiadó, Budapest, 412 o.
- Bölöni J. 2004: Több szempontú erdőtípológiai vizsgálatok a Tési-fennsík déli részén. Doktori (Ph.D.) értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 128 o. + Mellékletek.
- Bölöni J., Molnár Zs. és Kun A. (szerk.) 2011: Magyarország élőhelyei. Vegetációtípusok leírása és határozója. ÁNÉR 2011. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót, 441 o.
- Csapody I. 1963: Hozzászólás Dr. Haracsi Lajos „Erdőtípológia és erdőművelés” c. cikkéhez. *Az Erdő* 12(9): 423–428.
- Csapody I. 1968: Eichen-Hainbuchenwälder Ungarns. *Feddes Repertorium* 78: 57–81.
- Csapody I. 1969: Kastanienwälder Ungarns. *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 15: 253–279. + VI. Tabellen
- Csapody I. 1982: Védett növényeink. Gondolat Kiadó, Budapest, 350 o.
- Csapody I., Horánszky A., Pócs T., Simon T., Szodfridt I. és Tallós P. 1963: Die ökologischen Artengruppen der Wälder Ungarns. *Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae* 12(3–4): 209–232.
- Cseresnyés I. és Csontos P. 2012: Soil seed bank of the invasive *Robinia pseudoacacia* in planted *Pinus nigra* stands. *Acta Botanica Croatica* 71: 249–260.
- Csesznák E. 1985: Erdőműveléstan I. Egyetemi jegyzet, Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron, 139 o.
- Csiky J. 2004: A Karancs, a Medves-vidék és a Cerová vrchovina (Nógrád-gömöri bazaltvidék) flóra- és vegetációtérképezése. Flora and vegetation mapping of the Karancs, the Medves region and the Cerová Vrchovina (Nógrád-Gömör basalt region). Saját kiadás, Pécs, 452 o. + 1 térkép.
- Csiszár Á. és Korda M. (szerk.) 2015: Özönnövények visszaszorításának gyakorlati tapasztalatai. *Rosalia* kézikönyvek 3. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 239 o.
- Csiszár Á. 2004: Adatok a magyar flóra fajainak magbank-típus szerinti minősítéséhez. *Tájökológiai Lapok* 2: 219–229.
- Csiszár Á. (szerk.) 2012: Inváziós növényfajok Magyarországon. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 364 o.
- Csiszár Á., Korda M., Schmidt D., Šporčić D., Süle P., Teleki B., Tiborcz V., Zagyvai G. és Bartha D. 2013: Allelopathic potential of some invasive neophytes occurring in Hungary. *Allelopathy Journal* 31(2): 309–318.
- Csontos P. 1991: Allelopathic interactions and pattern generation of herbs in oakwood clearings. *Abstracta Botanica* 15: 25–30.
- Csontos P. 2004: Fiala vágásterületek jellemzése a Visegrádi-hegység cseres-tölgyes övéből. *A Rubo fruticosi-Poëtum nemoralis* leírása. *Folia Historico-Naturalia Musei Matraensis* 28: 57–66.
- Csontos P. 2010: A természetes magbank, valamint a hazai flóra magökológiai vizsgálatának új eredményei. *Kanitzia* 17: 77–110.
- Csontos P., Horánszky A., Kalapos T. és Lőkös L. 1996a: Seed bank of *Pinus nigra* plantations in dolomite rock grassland habitats, and its implications for restoring grassland vegetation. *Annales historico-naturales Musei nationalis Hungarici* 88: 69–77.
- Csontos P., Tamás J. és Kalapos T. 1996b: Soil seed banks and vegetation recovery on dolomite hills in Hungary. *Acta Botanica Hungarica* 40: 35–43.

- Csontos P., Tamás J. és Kalapos T. 1998: A magbank szerepe a dolomitnövényzet regenerálódásában korábban feketefenyvessel borított területeken. In: Csontos P. (szerk.): Sziklagyeppek szünbotanikai kutatása. Scientia Kiadó, Budapest, 183–196. o.
- Danszky I. és Rott F. (szerk.) 1964: Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési irányelvei és eljárásai. Általános irányelvek. Erdő- és termőhelytípus térképezés. – Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 346 o.
- Danszky I. (szerk.) 1963: Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési irányelvei és eljárásai. I. Nyugat-Dunántúl erdőgazdasági tájcsoport. II. Dél-Dunántúl erdőgazdasági tájcsoport. III. Kiszáradt erdőgazdasági tájcsoport. IV. Dunántúli Középhegység erdőgazdasági tájcsoport. V. Északi Középhegység erdőgazdasági tájcsoport. VI. Nagyalföld erdőgazdasági tájcsoport. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 557 o., 414 o., 187 o., 532 o., 817 o., 782 o.
- Dövényi Z. (szerk.) 2010: Magyarország kistájainak katasztere. (2., átdolgozott és bővített kiadás) Budapest, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 876 o.
- Fekete G. 1955: Die Vegetation des Velenceer Gebirges. Annales historico-naturales Musei nationalis hungarici 7: 342–362.
- Fekete G. 1964: A Bakony növénytakarója. In: Papp J. (szerk.): A Bakony természettudományi kutatásának eredményei I. Veszprém Megyei Múzeumi Igazgatóság, Veszprém, 7–40. o.
- Fekete G. 1965: Die Waldvegetation im Gödöllőer Hügelland. A magyar tájak növénytakarója 5. Akadémiai Kiadó, Budapest, 223 o.
- Fekete G. 1974: Interspecifikus kapcsolatok, kölcsönhatások és az ökológiai niche elemzése tölgyerdei fajokon. Akadémiai doktori értekezés, Budapest, 282 o.
- Frank N. 2001: A természet és az ember alakította soproni Dudlesz-erdő. Doktori (Ph.D.) értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 112 o. + Mellékletek.
- Frank N., Király G. és Tímár G. 1998: Vörös Lista. A hazai Lajtaicum védett és veszélyeztetett edényes növényfajai. Soproni Műhely különszám, Sopron 68 o.
- Frank T. (szerk.) 2000: Természet – Erdő – Gazdálkodás. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület & Pro Silva Hungaria Egyesület, Budapest–Eger, 214 o.
- Führer E. (szerk.) 2017: Magyarország erdészeti tájai II. Északi-középhegység erdészeti tájcsoport. Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Budapest, 574 o.
- Gencsi L. és Vancsura R. 1992: Dendrológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 728 o.
- Halász G. (szerk.) 2006: Magyarország erdészeti tájai. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest, 154 o. + 1 térkép.
- Haracsi L. 1958: Hazánk természetes erdőtípusai. Erdészettudományi Közlemények 1: 7–47.
- Haracsi L. 1963: Az erdőtípológia és erdőművelés. Az Erdő 12(1): 1–10.
- Haraszthy L. (szerk.) 2014: Natura 2000 fajok és élőhelyek Magyarországon. Pro Vértes Közalapítvány, Csákvár, 956 o.
- Hofmann T., Albert L., Rétfalvi T., Visi-Rajczy E. és Brolly G. 2008: TLC analysis of the in-vitro reaction of beech (*Fagus sylvatica* L.) wood enzyme extract with catechins. Journal of Planar Chromatography Modern TLC 21(2): 83–88.
- Hofmann T., Visi-Rajczy E. és Albert L. 2020: Antioxidant properties assessment of the cones of conifers through the combined evaluation of multiple antioxidant assays. Industrial Crops and Products 145. (Paper: 111935)
- Horánszky A. 1964: Die Wälder des Szentendre-Visegráder Gebirges. A magyar tájak növénytakarója 4. Akadémiai Kiadó, Budapest, 288 o.

- Horvát A. O. 1972: Die Vegetation des Mecsek-Gebirges und seiner Umgebung. Akadémiai Kiadó, Budapest 376 o.
- Jakucs P. 1961: Die phytazonologischen Verhältnisse der Flaumeichen-Buschwälder Südost-Mitteleuropas. Akadémiai Kiadó, Budapest, 314 o.
- Jakucs P. 1972: Dynamische Verbindung der Wälder und Rasen. Akadémiai Kiadó, Budapest, 228 o.
- Jakucs P. 1981: Magyarország legfontosabb növénytársulásai. In: Hortobályi T. és Simon T. (szerk.): Növényföldrajz, társulástan és ökológia. Tankönyvkiadó, Budapest, 225–263. o.
- Kárpáti I. és Kárpáti I.-né 1958: A hazai Duna-ártér erdőtípusai. Az Erdő 7(8): 307–318.
- Kerényi-Nagy V. 2015: A Kárpát–Pannon és Illír régió vadon termő galagonyáinak monográfiája. Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Gödöllő, 323 o.
- Kerényi-Nagy, V. 2012: A Történelmi Magyarország területén élő őshonos, idegenhonos és kultúr-relikvum rózsák kismonográfiája. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 430 o.
- Keszthelyi I., Csapody I. és Halupa L. 1995: Irányelvek a természetvédelem alatt álló erdők kezelésére. A KTM Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei 3. KTM Természetvédelmi Hivatal, Budapest, 251 o.
- Kevey B. 2008: Magyarország erdőtársulásai. Tilia 14: 1–488. + DVD melléklet.
- Kézdy P. 2002: Taxonómiai vizsgálatok a molyhos tölgy alakkörön (*Quercus pubescens* s. l.). Doktori (Ph.D.) értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 106 o.
- Király G. (szerk.) 2004: A Soproni-hegység edényes flórája. Flora Pannonica 2(1): 1–507.
- Király G. (szerk.) 2009: Új magyar fűvészkönyv: Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvalfő, 616 o.
- Király G. és Takács G. 2020: A magyar Fertő edényes flórája / Vascular Flora of the Lake Fertő in Hungary Sarród. Rence 3. Fertő-Hanság Nemzeti Park Igazgatóság, Sarród, 430 o.
- Király G. 2001: A Fertőmelléki-dombsor vegetációja. Tilia 10: 181–357.
- Király G., Balogh L., Barina Z., Bartha D., Bauer N., Bodonczai L., Dancza I., Farkas S., Galambos I., Gulyás G., Molnár V. A., Nagy J., Pifkó D., Schmotzer A., Somlyay L., Szmorad F., Vidéki R., Vojtkó A. és Zólyomi Sz. 2003: A magyarországi flóratérképezés módszertani alapjai. Flora Pannonica 1: 3–20.
- Király G., Bartha D., Bodonczai L., Kovács J. A., Ódor P. és Tímár G 2002: Az Őrségi Tájvédelmi Körzet védett és veszélyeztetett növényei. Kanitzia 10: 61–108.
- Király G., Trávníček, B. és Žíla, V. 2013: A szeder (*Rubus* L.) nemzetség modern taxonómiai koncepciója. Erdészettudományi Közlemények 3(1): 147–156.
- Koloszár J. 1990: Erdőműveléstan I. A. Egyetemi jegyzet, Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron, 216 o.
- Koncz G., Papp M., Török P., Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Matus G. és Tóthmérész B. 2010: The role of seed bank in the dynamics of understorey in an oak forest in Hungary. Acta Biologica Hungarica 61: 129–139.
- Koncz G., Török P., Papp M., Matus G. és Tóthmérész B. 2011: Penetration of weeds into the herbaceous understorey and soil seed bank of a Turkey oak-sessile oak forest in Hungary. Community Ecology 12: 227–233.
- Korda M. (szerk.) 2016: Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 679 o.
- Kovács M. 1961: Die Schlagvegetation des Mátra-Gebirges. Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae 7: 319–343.
- Kovács M. 1969: Das Corno-Quercetum des Mátra-Gebirges. Vegetatio 19: 240–255.

- Kovács M., Priszter Sz., Csapody I. és Szodfridt I. 1977: Védelmet kívánó növényfajaink és növénytársulásaink. A MTA Biológiai Csoportjának Közleményei 20: 161–194.
- Kövessi F. 1941: Növényi vírusbetegségek. Természettudományi Közlöny Pótfüzetek 73: 85–101.
- Lájer K., Botta-Dukát Z., Csiky J., Horváth F., Szmorad F., Bagi I., Dobolyi Z. K., Hahn I., Kovács J. A., Rédei T. 2008: Hungarian Phytosociological database (COENODATREF): sampling methodology, nomenclature and its actual stage. *Annali di Botanica nuova series* 7: 197–201.
- Less N. 1988: A Délkeleti-Bükk vegetációtérképe. *Botanikai Közlemények* 74–75: 111–120.
- Magyar P. 1933a: Természetes újulat és aljnövényzet. *Erdészeti Kísérletek* 35(1–2): 78–106.
- Magyar P. 1933b: Erdőtípusvizsgálatok a Börzsöny- és a Bükk-hegységben. *Erdészeti Kísérletek* 35(4): 396–439.
- Magyar P. 1937: Buchen- und Eichenwaldtypen in Ungarn. Röttig-Romwalter, Sopron, 12 o.
- Magyar P. 1959: Az erdő- és termőhelytipológia köréből. *Az Erdő* 8(10): 363–367.
- Majer A. 1956: Erdőtípus-csoportjaink és erdőgazdasági hasznosításuk. Tervezet az erdőtipológia szélesebb körű hazai bevezetésére. *Erdészeti Kutatások* 4: 3–32.
- Majer A. 1963: Erdő- és termőhelytípusok útmutató növényei. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 326 o.
- Majer A. 1963: Erdőtípus vagy állománytípus? Hozzászólás dr. Haracsi Lajos „Az erdőtipológia és az erdőművelés” c. cikkéhez. *Az Erdő* 12(7): 304–308.
- Majer A. 1968: Magyarország erdőtársulásai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 515 o.
- Majer A. 1980: A Bakony tiszafása. Akadémiai Kiadó, Budapest, 373 o.
- Majer A. 1988: Fenyves a Bakonyalján. Akadémiai Kiadó, Budapest, 374 o.
- Majer A. (szerk.) 1962: Erdő- és termőhelytipológiai útmutató. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 259 o.
- Matus G., Tóthmérész B. és Papp M. 2003: Restoration prospects of abandoned species-rich sandy grassland in Hungary. *Applied Vegetation Science* 6: 169–178.
- Mátyás G., Mátyás Cs. és Horváth F. 1994: A kocsánytalan tölgy taxonok hazai előfordulása a Magyar Tölgyherbárium (HQH) anyaga alapján. *Botanikai Közlemények* 81(2): 235–248.
- Mátyás V. 1970a: Taxa nova *Quercuum Hungariae*. *Acta Botanica Hungarica* 16: 329–361.
- Mátyás V. 1970b: Einführung in die Kenntnis der Eichenarten Ungarns. *Erdészeti Kutatások* 66(2): 61–68.
- Mátyás V. 1970c: A cser alakváltozatossága Magyarországon. *Erdészeti Kutatások* 66(1): 179–211.
- Mátyás V. 1971a: A magyarországi kocsánytalan tölgyfajok alakkörének kritikai elemzése. *Erdészeti Kutatások* 67(1): 43–96.
- Mátyás V. 1971b: Short taxonomic review of the oaks of Hungary. *Erdészeti Kutatások* 67(2): 55–68.
- Mátyás V. 1972: A szlavón tölgy (*Quercus robur* ssp. *slavonica* (Gáy.) Máty.) erdészeti jelentősége Magyarországon. *Erdészeti Kutatások* 68(1): 63–77.
- Mátyás V. 1973a: Magyarország kocsányos tölgyeinek alakjai. *Erdészeti Kutatások* 69(1): 223–249.
- Mátyás V. 1973b: The Italian pubescent oak (*Quercus virgiliana* Ten. 1836) in the Carpathian basin and its outer fringes. *Erdészeti Kutatások* 69(2): 47–91.
- Mátyás V. 1975: Magyarország molyhos tölgyei. *Erdészeti Kutatások* 71(1): 125–147.

- Mihály B. és Botta-Dukát Z. (szerk.) 2004: Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények. A KvVM Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei 9. TermészetBúvár Alapítvány Kiadó, Budapest, 408 o.
- Molnár M. 2014: A siska nádtippán (*Calamagrostis epigeios*) erdőgazdasági jelentőségének vizsgálata kérdőíves módszerrel. Erdészettudományi Közlemények 4(1): 159–169.
- Molnár Zs., Bartha S., Seregélyes T., Illyés E., Botta-Dukát Z., Tímár G., Horváth F., Révész A., Kun A., Bölöni A., Biró M., Bodoncz L., Deák J. Á., Fogarasi P., Horváth A., Isépy I., Karas L., Kecskés F., Molnár Cs., Ortmann-né Ajkai A. és Rév Sz. 2007: A GRID-based, satellite-image supported, multi-attributed vegetation mapping method (MÉTA). Folia Geobotanica 42: 225–247.
- Novák R. 2005: A *Rubus* fajok morfológiája, rendszerezése és irtásuk lehetőségei erdészeti kultúrákban (kocsánytalan tölgy, erdeifenyő). Doktori (PhD) értekezés, Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 116 o.
- Pintér B., Vojtkó A. és Tímár G. 2010: A Naszály edényes flórája. In: Pintér B. és Tímár G. (szerk.): A Naszály természetrajza. Rosalia 5. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, o. 217–444.
- Pócs T. 1968: A magyarországi túlevelű erdők ökológiai és cönológiai viszonyai. Kandidátusi értekezés, TTM Növénytar & Egri Tanárképző Főiskola, Budapest–Eger, 186 o.
- Pócs T., Domokos E., Pócs-Gelencsér I. és Vida G. 1958: Vegetationsstudien im Örség (Ungarisches Ostalpenvorland). A magyar tájak növénytakatója 2. Akadémiai Kiadó, Budapest, 124 o.
- Pócs T., Pócs-Gelencsér I., Szodfridt I., Tallós P. és Vida G. 1962: Szakonyfalu környékének vegetációtérképe. Acta Academiae Paedagogicae Agriensis 8: 449–478.
- Salamon-Albert É., Csiszár Á. és Bartha D. 2021: Functional fingerprinting estimates opportunities for tree species in a mixed Turkey oak forest. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 45: 144–153.
- Salamon-Albert É., Lőrinc P., Teszlák P. és Csiszár Á. 2014: A fásszárú újulat szén- és vízforgalmi válaszainak vizsgálata négy magyarországi lombhullató erdőtípusban a folyamatos erdőborítás funkcionális ökológiai megközelítése. Silva naturalis 6: 178–201.
- Silnicki Á., Zagyvai G. és Bartha D. 2014: Összehasonlító vizsgálatok a magyar kőris (*Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*) és a magas kőris (*Fraxinus excelsior*) generatív szervein. Erdészettudományi Közlemények 4(1): 47–62.
- Silnicki Á., Zagyvai G. és Bartha D. 2016: Összehasonlító vizsgálatok a magyar kőris (*Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*) és a magas kőris (*Fraxinus excelsior*) vegetatív szervein. Erdészettudományi Közlemények 6(2): 115–125.
- Simon T. 1992: A magyarországi edényes flóra határozója. Tankönyvkiadó, Budapest, 892 o.
- Soó R. és Zólyomi B. (szerk.) 1951: Növényföldrajzi-térképezési tanfolyam jegyzete. Az Országos Természetudományi Múzeum Vácrátóti Botanikai Kutatóintézetének és Növénytárának kiadása, Vácrátót, 186 o.
- Soó R. 1964–1980: A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve I–VI. Akadémiai Kiadó, Budapest, 589 o., 655 o., 506 o., 614 o., 724 o., 557 o.
- Szabó L. Gy. 1997: Allelopathy – Phytochemical potential – Life strategy. Janus Pannonius Tudományegyetem Növénytani Tanszék, Pécs, 129 o.
- Szabó L. Gy., Varga I. és Kevey B. 1987: Allelopátia és gombatevékenység erdei ökoszisztémákban. Mikológiai Közlemények 1987(2–3): 109–119.

- Szomorad F. és Tímár G. 2018a: Közösségi jelentőségű erdei élőhelytípusok. In: Szomorad F., Frank T. és Korda M. (szerk.): Erdőgazdálkodás és erdőkezelés Natura 2000 területeken. Natura 2000 kézikönyv erdőgazdálkodóknak. (Rosalia Kézikönyvek 4.) Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 23–61. o.
- Szomorad F. és Tímár G. 2018b: Erdőgazdálkodás és erdőkezelés Natura 2000 erdőkben. Az erdei élőhelytípusok kezelése. In: Szomorad F., Frank T. és Korda M. (szerk.): Erdőgazdálkodás és erdőkezelés Natura 2000 területeken. Natura 2000 kézikönyv erdőgazdálkodóknak. (Rosalia Kézikönyvek 4.) Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 217–242. o.
- Szomorad F. 1994: A Kőszegi-hegység erdőtársulásai. In: Bartha D. (szerk.): A Kőszegi-hegység vegetációja. EFE Növénytani Tanszék, Kőszeg–Sopron, o. 106–132. + XI tabella + 2 térkép.
- Szomorad F. 1995: A Nagy-Mélyvölgy és környékének termőhelyi viszonyai és erdőtípusai. Kézirat, Erdészeti és Faipari Egyetem Növénytani Tanszék, Sopron, 16 o. + 5 térkép.
- Szomorad F. 1996: A Répáshutai Erdészeti Igazgatóság területének erdőtípus-térképe. Kézirat, Soproni Egyetem Növénytani Tanszék, Sopron, 104 o. + 35 térkép.
- Szomorad F. 2011: A Soproni-hegység erdeinek történeti, növényföldrajzi és cönológiai vizsgálata. Tilia 16: 1–205. + 20 melléklet + CD (V. tabella).
- Szomorad F., Frank T. és Korda M. (szerk.) 2018: Erdőgazdálkodás és erdőkezelés Natura 2000 területeken. Rosalia kézikönyvek 4. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 287 o.
- Szodfridt I. és Tallós P. 1964: A felsőnyirádi erdő cseres-tölgyesei. Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei 2: 423–434.
- Szodfridt I. és Tallós P. 1973: Vegetációtanulmányok a Felsőnyirádi-erdőben. Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei 12: 221–229.
- Szodfridt I. 1969: Borókás-nyárasok Bugac környékén. Botanikai Közlemények 56: 159–165.
- Tallós P. 1959: Erdő- és réttípus tanulmányok a Széki-erdőben. Erdészeti Kutatások 6: 301–353.
- Tallós P. 1960: Az erdőtípológia és a növénytársulástan kapcsolatáról. Az Erdő 9(6): 205–213.
- Terpó A. és Kotori E. 1974: Allelopátiás hatások előidézése természetű növények csírázó magvain. A Kertészeti Egyetem Közleményei 38: 274–282.
- Tímár G. 1996: Vörös Lista. A Soproni-hegység védett és veszélyeztetett edényes növényfajai. Soproni Műhely különszám, Sopron, 50 o.
- Tímár G. 2002: A Vendvidék erdeinek értékelése új nézőpontok alapján. Doktori (Ph.D.) értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 141 o.
- Visi-Rajczai E., Hofmann T., Albert L. és Mátyás Cs. 2021: Tracing the acclimation of european beech (*Fagus sylvatica* L.) populations to climatic stress by analyzing the antioxidant system. Forest Biogeosciences and Forestry 14(2): 95–103.
- Vojtkó A. 2010: A Naszály vegetációja. In: Pintér B. és Tímár G. (szerk.): A Naszály természetrajza. Rosalia 5. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 445–489. o.
- Zólyomi B. 1957: Der Tatarenahorn-Eichen-Lösswald der zonalen Waldsteppe (Acereto tatarici-Quercetum). Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae 3: 401–424.
- Zólyomi B., Baráth Z., Fekete G., Jakucs P., Kárpáti I., Kárpáti V., Kovács M. és Máthé I. 1967: Einreihung von 1400 Arten der ungarischen Flora in ökologischen Gruppen nach TWR-Zahlen. Fragmenta Botanica Musei Historico-naturalis Hungarici 4(1–4): 101–142.
- Zólyomi B., Jakucs P., Baráth Z. és Horánszky A. 1954: A bükkhegységi növényföldrajzi térképezés erdőgazdasági vonatkozású eredményei. Az Erdő 3(3): 78–82, 3(4): 97–105, 3(5): 160–171.

- Zólyomi B., Szmorad F., Molnár Zs., Molnár Cs., Barina Z., Bauer N., Biró M., Csathó A. I., Csiky J., Deák J. Á., Gulyás G., Jakab G., Juhász M., Kevey B., Király G., Kun A., Lendvai G., Magos G., Mesterházy A., Molnár A., Nagy J., Nagy J., Schmidt D., Schmotzer A., Sramkó G., Szigetvári Cs., Teleki B., Tímár G., Tóth I. Zs. és Vojtkó A. 2016: Magyarország természetes vegetációja: Zólyomi Bálint térképének megújítása. Absztrakt: In: Barina Z., Buczkó K., Lőkös L., Papp B., Pifkó D. és Szurdoki E. (szerk.): XI. Aktuális flóra- és vegetációkutatások a Kárpát-medencében konferencia. Előadások és poszterek összefoglalói. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, 37–38. o.
- Zólyomi, B., Jakucs, P., Baráth, Z. és Horánszky, A. 1955: Forstwirtschaftliche Ergebnisse der geobotanischen Kartierung im Bükkgebirge. *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 1: 361–395.

Forest Botany

The following review dates back more than two centuries and presents the main results of forestry-related research, which centres were mainly the forestry higher education institutions and scientific research centres. Within the science of botany, the forestry field is nourished by almost all sub-sciences (e.g. cytology, histology, organology, morphology, physiology, vegetation science), but there are also important areas consequently of woody or forest nature (e.g. xylotomy, bark morphology, bud morphology, architectural research, forest vegetation, forest typology). One of the oldest fields of science-based botany is floristics, i.e. the recording of the occurrence data of plant taxa occurring in a given area, the compilation of species lists, and flora works. The data of forest-related species are mostly indistinguishable from those of other species, so in the field of forest floristics we can highlight the work and results achieved mainly with the help of forest botanists (usually involving forest landscapes). Based on the field botanical research that was booming in the 1990s, a synthesizing activity could be started, as a result of which the Flora Mapping Database of Hungary was compiled (Bartha et al. 2015). Research on weed sciences, the biology of weeds important for forestry, was less able to unfold than in the agricultural area, and the aim of the research was mainly to study effective weed control methods. Plant physiology research is closely intertwined with forestry education, so its distinguished representatives were mostly from the lecturers of the University of Sopron, such as Dániel Fehér, Ernő Nemky, László Gencsi or Józsefné Bolgár. The focus of their research was usually on the ecophysiology and phenology of woody species important for forestry. Recently, research supporting close-to-nature forest management and climate adaptation have also played an important role in plant physiology research. Within forestry botanical research, one of the most prominent and longest-practiced disciplines is dendrology, the science of dealing exclusively with woody plants. The first practitioner of forestry dendrology is undoubtedly Heinrich David Wilckens, the first teacher at the Forestry Institute in Banská Štiavnica. After Wilckens, synthesizing manuals and textbooks appeared periodically; Lajos Fekete and Sándor Mágocsy-Dietz “Forestry Botany II.” (1896), then in the 20th century László Kiss “Pines” (1956), Rudolf Vancsura “Deciduous trees and shrubs” (1960), István Csapody, Vera Csapody

and Ferenc Rott “Forest trees and shrubs” (1966), and the work of László Gencsi and Rudolf Vancsura entitled “Dendrology” (1992). The description of the Hungarian dendroflora according to modern, uniform principles was published in the works of Dénes Bartha entitled “Tree and Shrub Identification Book” (1997) and “Tree and Shrub Species of Hungary” (1999). The research of forestry vegetation science was founded by foresters participating in the phytogeographic mapping course held in Vácrátót in 1951. The greatest results of the new, enthusiastic generation of field botanists that emerged in the 1990s were achieved by re-surveying the previously mapped and described areas for forests. The most prominent representative of the traditional forest-related vegetation surveys is Balázs Kevey, who repeatedly included the Hungarian plant communities with Attila Borhidi in a co-systematic system and then described them in detail. Forest typology is a field dealing with the general issues of vegetation and practical forestry typing of forests, the clarification of the site characteristic and vegetation principles of the assignment to the types, and the formulation of the forest management-practical aspects that can be assigned to them. Its first synthesis was edited by Antal Majer’s “Guide to Forest and Site Typology” (1962). The implementation of forest typology was served by a series of publications of the National Directorate General for Forestry, known as “green books” (Danszky 1963). In the last three decades, work on forest typology has hardly been done, except for a few studies in the northern midlands. The forerunners of conservation-related but science-based botanical research published studies in the mid-1970s drawing attention to anthropogenic, negative changes in flora and vegetation. István Csapody’s book “Our Protected Plants” (1982) has long been one of the basic works of Hungarian botany and nature conservation. After the change of regime, the number of young, field botanists, including those with a forestry degree, increased dramatically, (e.g. Ferenc Szmorad, Gábor Tímár, Pál Kézdy, Péter Hulják, Gergely Király, János Bölöni, Norbert Riezing) and as a result of their research activities experience in floristic, coenological, ecological and conservation biology was gathered from dendrotaxa and forest-related herbaceous species. One of the youngest fields of botany is invasion botany, the germs of which can be discovered as early as the 1960s thanks to the pioneer work of Szaniszló Priszter, but its explosive development can only be traced back to the turn of the millennium. The first period of the research was characterized by species focus, and a series of invasive plants monographs were prepared. In the second decade after the turn of the millennium, the research of the practical aspect came to the fore, where the growing knowledge became a part of science-based conservation management (e.g. Csiszár and Korda 2015). Contemporary research in forestry botany in Hungary focuses primarily on the fields of floristics, weed science, dendrology, nature conservation botany, and invasion botany. The studies on these disciplines are almost always based on the endeavour to better understand the patterns and ecological relationships associated with forests, to maintain forests under dynamically changing environmental conditions. Over the next few decades, the following research tasks may emerge in the field of forestry botany: molecular genetics, microtaxonomy, the relationship between climate change and biodiversity, phytocoenology, weed science, invasion botany.

ERDÉSZETI NEMESÍTÉS ÉS ERDÉSZETI GENETIKA

Bevezetés

Mátyás Csaba és Benke Attila

A fajon belüli örökletes változatosságot kihasználó populáció-szelekció lehetőségére az erdészeti gyakorlat már egy évszázaddal Mendel és Darwin előtt felfigyelt (Mátyás 2002), megelőlegezve a klasszikus és molekuláris genetika eredményeit. Magyarországon a selmecbányai Erdészeti Kísérleti Állomás megalakulását követően a 20. század elején létesültek az első származási és honosítási kísérletek. Az egyedszelekció és a keresztezés lehetőségeire a két világháború közötti időszak kiemelkedő agrár növénynemesítője, Fleischmann Rudolf az árbócakác klónok vizsgálatával hívta fel a figyelmet.

Koltay György 1950-ben kezdte meg a hazai nyár és fűz törzsfák szelekcióját és klónvizsgálatát. Az alakuló ERTI-ben, Szombathely/Kámonban elindult a fenyőnemesítés (1953), valamint Budakeszi (1951), majd Sárvár (1955) központtal az intézményes nyárnemesítés. A kutatást azonban sokáig hátráltatták a szovjet áltudós T. Lizenkó által terjesztett tévtanok, amelyek a modern genetika eredményeit megkérdőjelezték. A politikai helyzet enyhülésével alakulhatott meg 1959-ben az MTA Erdészeti Nemesítési Albizottsága és az ERTI-ben



A hazai erdészeti nemesítés alapító generációja: az MTA Erdészeti Nemesítési Albizottsága, 1959 júniusában, az ERTI Kámoni Arborétumában. Balról jobbra: Nemky Ernő (1909–1986), Bánó István (1917–1995), Tompa Károly (1923–2002), Majer Antal (1920–1995), Szőnyi László (1921–2018), Tuskö László (1920–1984) és Kopecky Ferenc (1911–1978) (Tompa Károly archívum)

Szőnyi László irányítása mellett a Nemesítési Osztály. Az Egyetemen Tompa Károly irányításával 1963-ban indult el az erdészeti nemesítés oktatása (Mátyás 2008). A molekuláris genetika rendkívül gyors fejlődése megnövelte az erdei fafajok nemesítésével kapcsolatos elvárásokat. Az erdészeti nemesítést korszerű genetikai alapon tárgyaló első könyv 1968-ban jelent meg (Nemky 1968). A nemzetközi kapcsolatok erősödésével a nyárok és fűzek, az akác és a fenyők klónszelekciója és keresztezéses nemesítése, valamint a poliploidok előállítás

felgyorsult (Nemky 1965; Kopecky 1966; Keresztesi és Solymos 1978; Tompa és Sziklai 1981; Mátyás 1983). Az erdészeti gyakorlat – kormányzati támogatással – gyors térfoglalást biztosított a nemesítet szaporítóanyag számára, különösen a nyár és fűz klónfajták esetében. Mindamellett az erdei fafajok nemesítésének eredményei fafajcsoportonként eltérően alakultak, az eltérő hosszúságú termesztési ciklus, és a generatív vagy vegetatív szaporítás lehetőségei szerint. A rendszerváltás időszakában a változó gazdasági környezet, a súlyosbodo környezeti és klímaválság és a biodiverzitás globális csökkenése a nemesítés prioritásait megváltoztatta. A hozam fokozása mellett, egyenrangú követelményként, előtérbe került az ökoszisztémák, populációk stabilitásának, alkalmazkodóképességének megőrzése és a génszettek védelme a gyorsan változó környezetben.

Genetikai-nemesítési kutatást erdei fafajokkal napjainkban legnagyobbbrészt a SOE ERTI és EMK munkatársai végeznek, de az erdőtakaró ökológiai szerepének növekedésével, erdészeti jelentőségű fafajokkal a társégyetemeken is foglalkoznak. Így az ELTE és a MATE intézeteiben genetikai alapkutatás (Major et al. 1998; Höhn et al. 2021), az ELKH Szegedi Biológiai Kutatóintézetében pedig az energiafűz nemesítése folyik (Cseri 2020).

Irodalom

- Cseri A., Borbély P., Poór P., Fehér A., Sass L., Jancsó M., Penczi A., Rádi F., Gyuricza Cs., Digruher T. és Dudits D. 2020: Increased adaptation of an energy willow cultivar to soil salinity by duplication of its genome size. *Biomass and Bioenergy* 140: 105655.
- Höhn M., Major E., Avdagić A., Bielak K., Bosela M., ... Cseke K., Kovács Zs., Palla B., Ladányi M. és Heinze B. 2021: Local characteristics of the standing genetic diversity of European beech with high within-region differentiation at the eastern part of the range. *Canadian Journal of Forest Research* 51: 12.
- Keresztesi B. és Solymos R. (szerk.) 1978: A fenyők termesztése és a fenyőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest, 544 o.
- Kopecky F. 1966: Indukált nyár és akác poliploidok jelentősége a gyors növekedésű fafajok nemesítésében. *Erdészeti Kutatások* 62(1–3): 161–175.
- Major A., Malvolti E. és Cannata F. 1998: Comparison of isozyme and RAPD variability of black locust clones selected for silvicultural objectives. *Journal of Genetics and Breeding* 52: 49–62.
- Mátyás Cs. 1983: An introduction to forest tree improvement. Erdészeti és Faipari Egyetem Jegyzetkiadó, Sopron, 175 o.
- Mátyás Cs. 2002: Erdészeti-természetvédelmi genetika. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 422 o.
- Mátyás Cs. 2008: Erdészeti genetika és nemesítés. In: Albert L., Bartha D., Faragó S., Führer E., Mastalírné Zádor M., Mátyás Cs., Náhlik A., Ráczné Schneider I., Sarkady S., Solymos R., Szemerey T., Tompáné Székely Zs. és Varga T. (szerk.) 2008: Az erdészeti felsőoktatás 200 éve. 2. kötet: Diszciplínák oktatásának története. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 23–24 o.
- Nemky E. 1965: A magyarországi erdészeti nemesítés helyzete. *Az Erdő* 15(10): 471–476.
- Nemky E. 1968: Erdészeti növénynemesítés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 306 o.
- Tompa K. és Sziklai O. 1981: Erdészeti növénynemesítés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 316 o.

Fontosabb fafajaink nemesítésének története

A nyárok és füzek nemesítése

Benke Attila, Borovics Attila és Mátyás Csaba

Az Erdészeti Tudományos Intézetben 1951-től kezdve folyik intézményes nyárnemesítés, ahol többek között Koltay György, Kopecky Ferenc, Palotás Ferenc, GergácZ József, Halupa Lajos, Tóth Béla nevével fémjelzett, több évtizedes intenzív kutatómunka teremtette meg a hazai nyártermesztés alapjait. A keresztezéses nemesítés a Koltay György és Kopecky Ferenc által végzett kiterjedt törzsfaszelekcióra, a hazai törzsfák és külföldön honos fajok és fajták szaporítóanyagának felhasználására, és az 1950-es években a Sárvár melletti Bajti Nemesítő Telepen telepített nyár gyűjteményekre (populétumokra) építve, elsősorban Kopecky Ferenc vezetésével indult meg, jelentős hangsúlyt fektetve a *Leuce* szekcióba⁴ tartozó fajok közötti hibridek előállítására is (Kopecky 1960a; Tompa és Sziklai 1981). Kopecky Ferenc széles körű kutatói tevékenységére jó példa a nemesítési szempontból nagy értéket képviselő haploid egyedek előállítására tett erőfeszítése; gyengített csírázóképeségű rezgő nyár pollennel végzett megporzási kísérletek során sikeresen állított elő fehér nyár haploid egyedeket Sárváron (Kopecky 1960b). A későbbi sikeres fajtaelőkészítés fő pillérét azonban azok a keresztezési kísérletek alkották, melyek során Kopecky mélyrehatóan tanulmányozta az egyes nyár taxonok keresztezhetőségét, valamint az utódpopuláció morfológiai és növekedési sajátosságait (Kopecky 1978). Részben az ő vizsgálatait, részben a későbbi nemesítési kísérletek is igazolták, hogy hazai körülmények között elsősorban a *Populus deltoides* × *P. nigra* keresztezési kombinációban előállított euramerikai nyárok lehetnek sikeresek (GergácZ et al. 1986).



*A hazai nyárnemesítés egyik első feladata a külföldön szelektált fajták hazai teljesítményének értékelése volt. A nyárok nemesítéséért Kossuth-díjjal jutalmazott Koltay György egy 46 éves kései nyár (*Populus* × *euramericana* cv. *Serotina*) egyed mellett áll (balról) a Duna hullámterén, 1951-ben (Koltay György archívum)*

⁴A szekció jelenlegi elfogadott neve *Populus*. A fejezetben a nemzetségnévvel való összetéveszthetőség okán a korábbi nevet használjuk.

Mérföldkőnek tekinthető a nyár bázisgyűjtemény, ezáltal pedig a nemesítési bázis jelentős bővülése a IUFRO Genetikai és Nyárfa Bizottsága által szervezett *Populus deltoides* és *Populus trichocarpa* származási kísérletek által, melyekhez Magyarország is csatlakozott (Tóth 1998), hazai tesztelésbe vonva a két faj nagy számú szelektált klónjait. A Sárvár-Bajti archívumban több ezer külföldről kapott, valamint Magyarországon szelektált klónt helyeztek el. Az elsődleges klóntesztekben a legjobb növekedést mutató genotípusokat választották ki részletesebb tesztelésre. Az intenzív keresztezéses nemesítés az 1970-es évek elejétől indulhatott meg, ugyanis erre az időszakra fordultak termőkorba a különböző helyszíneken (Rajka, Hanságfalva) létesített *Populus deltoides* származási kísérletek. Kopecky Ferenc a hazai fekete nyár klónokhoz olyan *P. deltoides* keresztezési partnereket



Kopecky Ferenc, az ERTI Sárvári Kísérleti Állomásának egykori igazgatója által végzett három évtizedes kiterjedt nemesítési munka napjainkig meghatározónak tekinthető a hazai nyártermesztés és -kutatás szempontjából (1962, ERTI archívum)

választott, amelyek amerikai származási helye a hazainál jóval délebbi volt, egészen a 31. szélességi fokig. Ezzel sikerült meghosszabbítania az utódok növekedési időszakát. Beszédes adat az 1976-ban Sárváron végzett 31 sikeres keresztezési kombinációból felnevelt magoncok száma, amely megközelítette a 20 000 darabot (Gergác 1988). A fajtanemesítésben kiemelt szerepet játszó elsődleges klónszelekciós kísérletek mellett a 70-es évek második felétől egyre nagyobb hangsúly helyeződött az egyes fajták természetének technológiai és termőhelyi kérdéseit tisztázó fajtaösszehasonlító kísérletekre is. E kísérleti ültetvények, amellyel, hogy fontos adatokat szolgáltattak a nemesítőknek, lehetővé tették az egyes fajták megismertetését is a helyi nyártermesztő szakemberekkel. Az ismert fajták vizsgálata és ismertségük bővítése terén kiemelkedő munkát végzett Tóth Béla, aki korán felismerte a csak néhány fajtát használó hazai nyártermesztésben rejlő veszélyeket (Tóth 1975, 1988).

A fatermési vizsgálatok mellett már a kezdetektől fogva kiemelt jelentőséget képviselt a nemesítési folyamat során az előállított hibridek kórokozókkal szembeni rezisztenciájának nyomon követése, kiemelve azokat a hibrideket, melyek a főbb kórokozókkal szemben (kéregfekély, nyár rozsdagomba) megfelelő tűrő- és ellenállóképességet mutattak. A nyárak rezisztenciára nemesítésének kiemelt kutatói voltak Gergác József és Szántó Mária, míg napjainkban Koltay András végez meghatározó kutatásokat a tématerületen (Gergác 1975; Szántó és Steenackers 1998; Tóth et al.

2013). Nyárültetvények károsítóinak vizsgálata terén pedig Tuba Katalin, Lakatos Ferenc és Koltay András munkássága emelendő ki (DeWoody et al. 2013, Koltay és Benke 2015).

A nemesített, megfelelő hozamú fajták iránt a szakma folyamatosan jelentős igényt mutatott, ami kedvezett a kutatási tevékenységnek is. Kiterjedt vizsgálatok folytak a nemesnyár állományok fatermési és állománynevelési kérdéseit tisztázandó, melyek eredményeként születtek meg az egyes fajták állománynevelési modelljei (Halupa et al. 1974). Fontos további lépés volt e téren a legsikeresebb hazai nemesítésű nemesnyár fajta, a 'Pannónia' növekedési függvényeinek és faterfogató tábláinak megszerkesztése (Somogyi és Csiha 2000).



Nyár termős füzér mesterséges megtermékenyítése üvegházban.

A koratavasszal begyűjtött virágrügyes hajtások egyszerű vízkultúrában fenntarthatók, egészen termésérésig. A megporzás során csupán az egyes keresztezési kombinációk megfelelő izolálására kell figyelmet fordítani (a kép az ERTI sárvári üvegházában készült, az 1970-es években; ERTI archívum)

A főként a fekete és balszamos nyár szekció fajaira épülő keresztezéses nyárnemesítés mellett folyamatosan jelen volt a vegetatív úton nehezen szaporítható, ezért a fajtanemesítésbe csak korlátozottan bevonható *Leuce* nyárak szelekciója is. E csoport hazai jelentőségére már a nyárnemesítés hazai megszületésekor felhívta a figyelmet Koltay György és Kopecky Ferenc, akik jelentős erőfeszítéseket tettek a szürke nyár értékes alföldi egyedek, állományainak felkutatására, nemesítési gyűjteménybe vonására (Koltay és Kopecky 1954). Annak ellenére, hogy a két kutató nagyban hozzájárult a nemesnyárak hazai térhódításához, felismerték a nyárak által hasznosítható termőhelyek nemesnyárral való túlzott mértékű hasznosításának veszélyeit is, kiemelve, hogy a hazai nyárak részben genetikailag leromlott állományai még mindig jelentős erdőgazdasági és nemesítési potenciállal bírnak. A *Leuce* nyárak szelekciója és vizsgálata terén az ERTI Püspökladányi Kísérleti Állomásán végzett kutatások emelendők ki, melyek egyrészt kifejezetten fajtaszelekciós célzatúak, vagyis a *Leuce* nyár hibridek kísérleti tesztelésére irányultak, másrészt érintették a klónok mikroszaporítási módszerének, valamint az alföldi *Leuce* nyár állományok termesztési modelljének kidolgozását is (Rédei et al. 2010; Rédei és Keserű 2012; Keserű et al. 2015). A szekcióba tartozó fajok dunántúli po-

populációinak molekuláris genetikai felmérésében, valamint a hibridizációs zónákban megjelenő szürke nyárak genetikai jellemzésében az ERTI Nemesítési Osztályának kutatói folytattak vizsgálatokat (Benke et al. 2011).



*A nyárnemesítő program egyik első kísérleti ültetvénye Dunavarsány-Domaribán. A 3 éves óriás nyár (*Populus × euramericana* cv. *Robusta*) ültetvényben Koltay György feljegyzése szerint a 120 cm-es szintkülönbség a magassági növekedést felére csökkentette (1953. április 25.; Koltay György archívum)*

A nyárakkal kapcsolatos nemesítési kutatások egyik legfőbb, bár jelentőségében mérséklődő célja továbbra is a hagyományos, ipari, valamint energetikai ültetvényekben, illetve agrárerdészeti rendszerekben való felhasználásra alkalmas, nagy hozamú nemesnyár fajták szelekciója. Emellett, a síkvidéki erdőterületeinkre prognosztizált termőhelyi változások okán, a hazai, főként a *Leuce* nyárak intenzívebb kutatása, szelekciója nyerhet markánsabb teret. Akár a szürke nyár, akár az euramerikai nyár fajták te-

kintetében fontos kutatási feladat a jövőbe tekintve az ipari felhasználhatóságot befolyásoló faanatómiai jellegek genetikai szabályozásának elemzése, a markerekre alapozott szelekció megalapozása. Ezzel kapcsolatos kutatások már napjainkban is folynak (Köbölkuti et al. 2019; Cseke et al. 2020).

A *fűzek szelekciós nemesítése* Magyarországon a nyárakéval közel azonos időszakban, az 1950-es évek első felében indult, eleget téve mind a hazai, mind a nemzetközi szakmai-tudományos közösség elvárásainak (Koltay 1955; Tompa és Bründl 1962). A nemesítésen alapuló termesztés-fejlesztés alapját egyrészt a nyárak által gazdaságosan nem hasznosítható termőhelyeken történő ültetvényes fatermesztés lehetőségének megteremtése szolgáltatta (Kopecky 1959), másrészt a múlt század közepén még jelentős gazdasági potenciállal bíró vesszőárú gyártás megfelelő vesszőtermő fajtákkal történő kiszolgálása (Bründl 1957). A faalakú fűzek nemesítésébe hazai részről Koltay György, Kopecky Ferenc és Tompa Károly kapcsolódott be, a kosárfonó fűzek vizsgálatát Tompa Károly és Bründl Lajos irányította.

Az erdészeti jelentőséggel bíró faalakú fűzek nemesítése, a nyárakhoz hasonlóan, hazai és külföldön szelektált törzsfák és klónok törzsgyűjteménybe vonásával és különböző helyszíneken történő tesztelésével indult. Kopecky 1969-ben 51, az ERTI Bajti Nemesítő Telepén megőrzött, növekedési erély, törzsmínőség és károsítókkal szembeni ellenállóképesség alapján szelektált faalakú fűz genotípusról számol be (Kopecky 1969), míg Tompa egy évvel korábban 450 genotípust említ, mint szaporítóanyag cseré útján kibővített, országos szinten megőrzött tételszámot; érdekesség, hogy e közel félezer genotípus közül csak mintegy 150 volt faalakú fűz (Tompa 1968). Bár az Erdészeti Tudományos Intézetben és az Erdészeti és Faipari Egyetemen folyt intézményesített erdészeti fűznemesítés nagy lendülettel és ambíci-

ókkal indult, és a hagyományos szelekciós nemesítés mellett a keresztezés és a poliploidiaira nemesítés eszköztárát is alkalmazta, jelentős, államilag elismert fajtákban megnyilvánuló eredményeket nem ért el. Tanulságos az a Kopecky által 1969-ben megfogalmazott, a hazai fűznemesítés eredményeit érintő rövid összefoglaló, mely az olasz nemesítésű 'I-1/59', azóta állami elismerésben részesített fűzfajta teljesítménytöbbletét emeli ki 3 további olaszországi és 3 hollandiai fűzklónnal szemben – hazai szelektálású, nemesítésű klónok említése nélkül (Kopecky 1969).



A 490-3 nemesítői jelzésű euramerikai hibrid klón az első vegetációs időszak végére közel 4 méteres magasságot ért el az orosz nemesnyár klónkísérletben. A klón később 'Pannónia' néven a hazai nemes nyár termesztés egyik meghatározó fajtájává vált (Balikó János erdésztechnikus mellett; 1973. október 11.; ERTI archívum)

A hazai genetikai bázison nyugvó erdészeti célú fűznemesítés története mégsem nélkülöz értékes szakmai eredményeket, és ez a Koltay György szakmai iránymutatása mellett megkezdett gemenci fehér fűz (*Salix alba*) szelekciós nemesítésnek köszönhető. Az akkori Gemenci Állami Erdő- és Vadgazdaság munkatársai, Tóth Imre erdőmérnök vezetésével, a Koltay által 1952-ben megkezdett kutatómunkát folytatva szisztematikus szelekciós munkát végeztek az Alsó-Duna-ártéren. A szelekciós munka során egyrészt idős, nagy fatömegű és kiváló törzsalakú törzsfák kijelölését és anyatelepi szaporítását kezdték meg, másrészt a különböző állományokban kijelölt törzsfák utódainak csemetekerti szelekciójára, vagyis utódvizsgálatára fektettek kiemelt hangsúlyt (Tóth 1988). E nagy szakmai elhivatottságot igénylő, több éven keresztül végzett kutatómunka eredményei lettek a közelmúltig köztermesztésben szerepelt hazai fehér fűz fajták ('Bédai egyenes', 'Csertai', 'Pörbölyi').

A hazai szelekciós és részben honosításon alapuló fűznemesítés a 2000-es és 2010-es évek során, elsősorban magán nemesítők által nyert új lendületet, főként rövid vágásfordulójú energetikai ültetvények telepítésére alkalmas klónok előállítását célozva. Eme időszak termékei

a 'Dékány' („KE-HO” Kft.) és 'Corvinus' (Silvanus Csoport Kft.) fehér fűz, valamint 'Energó' (Kreátor 2005 Kft.) kosárkötő fűz fajták, valamint a részben ERTI nemesítésű, fajtaoltsalomra bejelentett 'NAPERIT' fehér fűz klón.

E genotípusok közül az 'Energó' fajta kiemelt szerepet kapott az ELKH Szegedi Biológiai Kutatóközpontjában folytatott kutatásokban is. A kutatás során a diploid fajta kolhicinnel kezelt apikális merisztémájából szövettenyésztett autotetraploid klónok, illetve azok diploid *Salix triandra* × *S. viminalis* ('Inger') és *S. schwerinii* × *S. viminalis* ('Tordis') fajták

keresztkezésével létrehozott triploid klónok diploid egyedekhez viszonyított magasabb sótoleranciáját (Cseri et al. 2020), valamint növekedésben és növényélettani jellegzetességekben mérhető hibrid-fölényét állapították meg (Dudits et al. 2022).

Gyors növekedésük, könnyű vegetatív szaporításuk, valamint magas stressztűrő képességük okán a fűzek nehézfém tolerancia vizsgálatokban is gyakran kapnak szerepet. Simon et al. (2012) nehézfém tartalmú szennyvíziszap komposzt elemakkumulációra gyakorolt hatását vizsgálták kosárfonó fűzön, míg Máthé-Gáspár et al. (2006) egy felhagyott ólomcink bánya melletti terület nehézfémekkel szennyezett talajának fűzek gyökérfejlődésére gyakorolt hatását elemezte.

Bár a hazai fűznemesítés szerepe az erdőgazdálkodás fejlesztésében, a faalakú fűzek által hasznosítható termőhelyek korlátozott kiterjedése, és azok gyakori természetvédelmi oltalma okán vélhetően nem növekszik a közeljövőben, a fűzek, mint modellnövények továbbra is fontos szerepet tölthetnek be a hazai genetikai és biotechnológiai kutatásokban.

Irodalom

- Benke A., Cseke K. és Borovics A. 2011: Dunántúli *Leuce* nyár populációk genetikai vizsgálata RAPD és cpDNS markerekkel. Erdészettudományi Közlemények 1(1): 83–93.
- Bründl L. 1957: A fűztermelés időszerű kérdései. Az Erdő 6(10): 386–392.
- Cseke K., Köbölkuti Z. A., Benke A., Rumi A., Báder M., Borovics A. és Németh R. 2020: Nemesnyár klónok faanyagtani jellemzőkhöz köthető génjeinek genetikai változatossága. Erdészettudományi Közlemények 10(1): 5–16.
- Cseri A., Borbély P., Poór P., Fehér A., Sass L., Jancsó M., Penczi A., Rádi F., Gyuricza Cs., Digruber T. és Dudits D. 2020: Increased adaptation of an energy willow cultivar to soil salinity by duplication of its genome size. Biomass and Bioenergy 140: 105655.
- DeWoody J., Viger M., Lakatos F., Tuba K., Taylor G. és Smulders M.J.M. 2013: Insight into the Genetic Components of Community Genetics: QTL Mapping of Insect Association in a Fast-Growing Forest Tree. PLoS ONE 8(11): e79925.
- Dudits D., Cseri A., Török K., Sass L., Zombori Z., Ferenc G., Poór P., Borbély P., Czékus Z., Vankova R., Dobrev P., Szántó J., Bagi Z. és Kovács K. L. 2022: Triploid Hybrid Vigor in Above-Ground Growth and Methane Fermentation Efficiency of Energy Willow. Frontiers in Plant Science 13:770284.
- Gergác J. 1975: A nyárfák rezisztenciakutatásának eredményei a levél- és kéregkárosító gombák figyelembevételével. Erdészeti Kutatások 71(1): 205–216.
- Gergác J. 1988: A nyárak keresztzézés nemesítése terén elért eddigi eredmények. Erdészeti Kutatások 80–81(1): 19–28.
- Gergác J., Simon M. és Tóth B. 1986: A rezisztencia, a használati érték növelésére, a hazai termőhelyi lehetőség gazdaságosabb kihasználására alkalmas új nemesnyárfajta-jelöltek, javaslat a fajtaszortiment bővítésére. Erdészeti Kutatások 78(1): 35–48.
- Halupa L., Kiss R. és Palotás F. 1974: Fatermesztési modelltablák nyárfaállományokra. Erdészeti kutatások 70(1): 49–58.
- Keserű Zs., Balla I., Antal B. és Rédei K. 2015: Micropropagation of *Leuce*-poplars and evaluation of their development under sandy site conditions in Hungary. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 11(2): 139–152.

- Koltay A. és Benke A. 2015: Károsítók és kórokozók gyakoriság-vizsgálata energetikai faültetvényekben. Erdészeti Lapok 150(2): 34–37.
- Koltay Gy. 1955: Egy elfelejtett értékes fafajunk – a fűz. Erdészeti Kutatások 4(1): 3–13.
- Koltay Gy. és Kopecky F. 1954: Óshonos nyáraink leromlott öröklöttségének megjavítása. Erdészeti Kutatások 1(2): 65–86.
- Kopecky F. 1959: Újabb eredmények a nyár és a fűz nemesítése terén. A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Osztályának közleményei 15(1–3): 237–241.
- Kopecky F. 1960a: Nyár-fajhibridek és erdőgazdasági jelentőségük. Erdészeti Kutatások 60(3): 171–193.
- Kopecky F. 1960b: Experimentelle Erzeugung von haploiden Weisspappeln (*Populus alba* L.). Silvae Genetica 9(4): 102–105.
- Kopecky F. 1969: Ergebnisse der Pappel- und Weidezüchtung. Erdészeti Kutatások 65(1): 91–96.
- Kopecky F. 1978: Nemesítés. In: Keresztesi B. (szerk.) 1978: A nyárak és a füzek termesztése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 50–54 o.
- Köbölkuti Z. A., Cseke K., Benke A., Báder M., Borovics A. és Németh R. 2019: Allelic variation in candidate genes associated with wood properties of cultivated poplars (*Populus*). Biologia Futura 70: 286–294.
- Máthé-Gáspár G., Szili-Kovács T., Máthé P. és Anton A. 2006: Change of root and rhizosphere characters of willow (*Salix* sp) induced by high heavy metal pollution. Acta Biologica Szegediensis 50(1–2): 37–40.
- Rédei K., Keserű Zs. és Szulcsán G. 2010: Early Evaluation of Promising White Poplar (*Populus alba* L.) Clones in Hungary. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 6: 9–16.
- Rédei K. és Keserű Zs. 2012: Target Diameter Models for Leuce Poplar Stands Growing on Sandy Soils. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 8: 165–170.
- Simon L., Vincze V., Varga Cs., Szabó B. és Koncz J. 2012: Passive Phytoextraction of Toxic Elements from Sewage Sludge Compost by *Salix viminalis* Energy Plants. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 47(2): 285–291.
- Somogyi Z. és Csiha I. 2000: Fatérfogat-függvények és fatérfogat-táblák a 'Pannonia' nyárra (*Populus x euramericana* cv. 'Pannonia'). Erdészeti Kutatások 90(1): 145–162.
- Szántó M. és Steenackers M. 1998: Előzetes adatok a nyárak levélrozdáját okozó *Melampsora* fajok hazai előfordulásáról. Erdészeti Kutatások 88(1): 119–130.
- Tompa K. 1968: Füzek. In: Nemky E. (szerk.) 1968: Erdészeti növénynevelés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 232–237 o.
- Tompa K. és Bründl L. 1962: A sopronkőhidai fűzkísérleti telep. Soproni Szemle 16(3): 266–271.
- Tompa K. és Sziklai O. 1981: Erdészeti növénynevelés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 316 o.
- Tóth B. 1975: Nyár fajtaösszehasonlító kísérletek tanulságai az alföldi kötött talajokon. Erdészeti Kutatások 71(1): 79–92.
- Tóth B. 1988: Új nyárfajták bevezetése Közép- és Kelet-Magyarországon. Erdészeti Kutatások 80–81(1): 252–255.
- Tóth B. 1998: Magyarországi nyárfanemesítés eredményei. In: Tóth B. (szerk.) 1998: A Nemzetközi Nyárfa Bizottság (International Poplar Commission) 20. ülése és tanulmányútja Magyarországon; Az IPC-Végrehajtó Bizottság 38. ülése. Erdészeti Tudományos Intézet, Budapest, 222–229 o.
- Tóth I. 1988: A fehér-fűz-nemesítés az alsó Dunaártéren. Az Erdő 37(3): 128–132.
- Tóth T., Lakatos T. és Koltay A. 2013: *Lonsdalea quercina* subsp. *populi* subsp. nov., isolated from bark cancer of poplar trees. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 63: 2309–2313.

A fehér akác nemesítése

Benke Attila és Keserű Zsolt

Az akác nemesítés 1930-ban Fleischmann Rudolf úttörő munkásságával indult útnak. Gyakorló agrárnemesítőként Fleischmann, felismerve az akácban rejlő erdészeti potenciált, valamint a fafajok nemesítésének jelentőségét, kísérleti jelleggel csemetekerti akác utódvizsgálatot állított be Kompolton, a nemesítő telep környékén fellelt anyafákról gyűjtött, valamint az Egyesült Államokból kért magvak felhasználásával. Az utódokon (és részben az anyafákon) végzett növekedés mérései, fenológiai megfigyelései, amellet, hogy a magyarországi tudományos alapokon nyugvó erdészeti fajtanemesítés kezdeti lépései voltak, rávilágítottak az akác szelekciós nemesítésének fontosságára is. Kiváló szakmai érzékről tanúbizonyságot téve, Fleischmann említett tesz a keresztezéses nemesítésben rejlő lehetőségekről (a heterózis hatásról), az értékes törzsfákon alapuló magtermesztésről, valamint az akác szárazságtűrésre való szelekciójáról is (Fleischmann 1934).



Feltűnően sudár törzsalakú akác előfordulások közel száz év óta ismertek az országban, de pontos eredetük a mai napig nem tisztázott. Árbókakác állomány Üllön, az 'Üllői' fajtajelölt törzsellománya, 1965 körül (Fotó: Michalovszky I.; ERTI.)

Az 50-es évektől új lendületet vett hazai akác nemesítés alapjait olyan nemesítő kutatók fektették le, mint Tuskó Ferenc, Kopecky Ferenc, Szőnyi László és Keresztesi Béla (Nemky 1968). Bár a nemesítési célok terén megjelent többek között a magasabb fagyűrésű, vagy eltérő virágzási idejű egyedek kiválasztása is, elsődleges célnak a hazai állományokban több helyen fellelt árbóc jellegű egyedek kiválogatása, gyűjteménybe vétele számított. A napjainkban is a fajtasortiment részét képező fajtákat alkotó árbóc akác egyedek nagy része is ebben a korai időszakban került szelektálásra.

Az árbókakáccal kapcsolatos korai megfigyelések terén kiemelendő Mihályi Zoltán és Kisrómai Antal tevékenysége. Előbbi nagy szerepet játszott az általa még „sudár akác”-nak nevezett változat („válnfaj”) bemutatásában,

illetve annak egy ismert amerikai állományból származó szaporítóanyaga behozatalában (Mihályi 1937), míg utóbbi gyakorló erdőmérnökként Zala megyében írt le árbókakác jellegű facsoportokat nagyobb akác tömbökben, illetve végzett a róluk gyűjtött gyökér- és hajtásminták felhasználásával szaporítási kísérleteket (Kisrómai 1959, 1961). Megjegyzem-

dő, hogy Kisorómai által vizsgált zalaszentgyörgyi és zalaszentiváni állományok, koruk okán nem voltak kapcsolatba hozhatók az 1930-as évek végén hazánkba érkezett amerikai szaporítóanyaggal (Keresztesi 1964). A Mihályi Zoltán jóvoltából dokumentált amerikai-magyar szaporítóanyag csere során kapott árbócakác magból Roth Gyula irányításával csemetéket neveltek, melyeket egyéves korukban Gödöllőn ültettek gyűjteménybe. E gyűjtemény felvételezését végezve állapította meg Bujtás Zoltán, hogy bár annak hálózata sűrűbb, mint a modelltábla szerint ajánlott, ugyanakkor fatömege is (jelentősen) magasabb a hasonló korú nemesített állományoktól vártnál (Bujtás 1984).

Az akác törzsfák erdészeti célú szelektálását Tuskó Ferenc kezdte meg, akinek munkásságát nyugat-dunántúli árbóc jellegű egyedek kiválasztásával Kopecky Ferenc folytatta. Kopecky kiterjedt keresztezéses kísérleteket is folytatott az önbeporzás tesztelésére, valamint egyes akác típusok keresztezhetőségének ellenőrzése érdekében, de vizsgálta a poliploidia nemesítés lehetőségét is a heterózis hatás elérése céljából. Ugyanakkor nem támogatta a Fleischmanntól származó szárazságtűrésre való nemesítés ötletét, felismerve, hogy a termőhely romlása egyenes arányban áll az akác növekedési erélyének csökkenésével (Kopecky 1957). Érdekesség, hogy a poliploidia nemesítés a későbbiekben nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket, ugyanis az előállított poliploid egyedek átlagos növekedése nem érte el a diploidokét, valamint az eltérő ploidiszintű egyedek morfológiai jellegei sem különböztek jelentősen egymástól (Kopecky 1966).

Terepi megfigyelésekre, valamint az ország több területéről származó magtélételekből létesített csemetekerti vizsgálatokra alapozva Keresztesi Béla négy későbbi fajta ('Zalai', 'Kiskunsági', 'Nyírségi', 'Császártöltési') leírását végezte el (Keresztesi 1964). Bár szelekciós munkássága volt jelentősebb, Keresztesi Béla foglalkozott a gyenge homoki termőhelyek akácelgyes állományokkal való hasznosíthatóságának kérdésével (Keresztesi 1967), illetve az akác gyökérdugványról való szaporítási módszerének fejlesztésével is (Keresztesi és Papp 1968), valamint ő vetette fel elsőként az akác törzsfakló-



A hazai akác nemesítés kiemelkedő alakja volt Keresztesi Béla, akinek több, napjainkban is köztermesztésben lévő árbócakác fajta szelektálása fűződik a nevéhez. A képen egy akáccsemete egyszálazását figyeljük (1988; ERTI archívum)

nokra alapozott magtermesztő ültetvényekben történő generatív szaporítóanyag termelésének ötletét (Keresztesi 1987).

Keresztesi méhészeti szempontú akácvizsgálatai is meghatározóak voltak. 1970 és 1977 között Bujtás Zoltánnal közösen végzett, nagy számú akác klónra kiterjedő virágzás vizsgálata során többek között megállapította, hogy egyes klónok (pl. 'Rózsaszín AC', 'Váti-46') virágzása rendszeresen később kezdődik és ér véget, időjárási körülményektől függően 4–10 nappal az akác átlagos virágzási időszakhoz képest (Bujtás és Keresztesi 1991). Keresztesi (1991) 12 erdőgazdasági táj, összesen 27 erdőállományára kiterjedő, 1969-ben és 1970-ben végzett virágzatzfelmérései alapján az ország akácerdeinek éves virághozamára is becslést adott. A méhészeti jelentőségű akác fajták kapcsán érdekes tény, hogy annak jelentőségére magasabb politikai szinten is felfigyeltek, ugyanis méhlegelő javítás céljából az Országos Tervhivatal a 80-as évek közepén éves szinten 1000 hektár, nemesített fajtaival létesülő akácállomány telepítéséhez biztosított hitelt; a nagy területen tervezett telepítések azonban szaporítóanyag hiány okán meghiúsultak (Keresztesi 1985).

A méhészeti célú akác kutatás nektárhozam és nektárminőség vizsgálatokra is kiterjedt a hetvenes és nyolcvanas évek között. Bujtás Zoltán és Halmágyi Levente (1991) mintegy 50 ezer akácvirág vizsgálata során többek között megállapította, hogy a hazai állományokban mért adatok közel azonosak a külföldi vizsgálatok eredményeivel, illetve, hogy az időjárási körülmények az akác nektárképzésére csak csekély hatást gyakorolnak.

Az akáctermesztés számos területén folytatott meghatározó kutatásokat Kapusi Imre az ERTI Püspökladányi Kísérleti Állomásán; vizsgálta többek között nyírségi akácállományok növekedésének és különböző termőhelyi tényezőknek a kapcsolatát (Halupa és Kapusi 1974), különböző fatermési osztályba tartozó állományok véghasználatának és felújításának költség-hozam viszonyát (Kapusi 1976), kidolgozta az akácállományok gyökérsarjra való sikeres felújításának technológiáját (Kapusi 1980). Mindemellett értékes eredményeket ért el az akác nemesítése terén is. Az általa több éven keresztül végzett, és több millió csemete vizsgálatára alapozott kétlépcsős (csemetekert, üzemi kísérlet) szelekciós munka intenzív fiatalkori növekedést mutató egyedek kiválasztását célozta; az ily módon szelektált klónok növekedése a kontrol magágyi csemetékhez viszonyítva esetenként 3–4-szeres mértéket is elért. Bár a kijelölt törzsfák szaporítása vegetatív úton történt, Kapusi külön figyelmet fordított a bőventermő egyedek szelekciójára is, a magtermesztő ültetvényeken alapuló akác szaporítóanyag termelés fejlesztése érdekében (Kapusi 1994).

Az 1980-as évek elejétől kapcsolódott be az akáccal kapcsolatos nemesítő munkába Rédei Károly, aki egyrészt folytatta az akác szelekciós nemesítését, másrészt – Csiha Imre és Keserű Zsolt közreműködésével – behatóan foglalkozott többek között az akácállományokban végzett erdőnevelési beavatkozások hatásaival (Rédei és Meilby 2000), az erdősítési hálózat erdőszerkezetre (Rédei et al. 2009), valamint az egyes felújítási módszereknek a fatermőképességre gyakorolt hatásaival (Rédei et al. 2012).

A Kapusi Imre vezetésével végzett csemetekerti juvenilis tömegszelekció eredményeit alapul véve, illetve a szelekciós munkát folytatva a 2000-es évek során a Silvanus Csoport Kft. gyors növekedésű és kiváló törzsalakú akác klónokat állított elő; a 'Turbo Obelisk'

klóncsoport egyes klónjai gyenge termőhelyen jelentős növedéktöbbletet mutatnak a hagyományos, mageredetű akácállományokhoz képest (Pogrányi et al. 2019).

Napjainkban, Keserű Zsolt irányításával újabb fiatal kutatók kapcsolódnak be az akáccal kapcsolatos kutatásokba, a korábban megkezdett vizsgálatok mellett érintve akác ültetvények hozamvizsgálatát vagy a természetes erdőfelújítási módszerek értékelését is (Keserű et al. 2021; Honfy et al. 2021; Rédei et al. 2021). Kiemelendők továbbá a SOE ERTI Ültetvényszerű Fatermesztési, illetve Nemesítési Osztályának közreműködésében végzett molekuláris genetikai vizsgálatok is, melyek akác klónok genetikai azonosítását célozták (Malvolti et al. 2015). A SOE ERTI nagy hangsúlyt fektet a gyakorló akáctermelőkkel történő, esetenként nemesítési célú együttműködésekre is. Ennek egyik példája a Napkori Erdőgazdák Zrt.-vel 2019-ben indult termesztés-fejlesztési együttműködés, melynek keretében végzett szelekciós munka eredményeként kiválasztott öt akác klón bejelentésre került állami fajtaelismerésre.

Az akáccal kapcsolatos nemesítési kutatások a jövőben vélhetően részben követik majd nemesítő elődeink szelekciós munkáját, megfelelő hozamú és kiváló törzsalakú egyedek kiválasztását célozva, részben hazai, részben esetleg amerikai növénymintákra alapozva. Fontos nemesítési szempont továbbra is az elnyújtott virágzási időszakú, magas nektárhozamú egyedek felkutatása, fajtanemesítésbe vonása, valamint a vegetatív szaporítási eljárások (tovább)fejlesztése. Molekuláris genetikai vizsgálatok terén a hazai állományok eredetének genetikai markerekre alapozott kutatása, valamint egyes kedvező fenotípusos jellegek (árbóc jelleg, virágzási tulajdonságok) genetikai szabályozásának vizsgálata, markerekre alapozott szelekciójának megalapozása jelent további feladatokat a kutatók számára.

Irodalom

- Bujtás Z. 1984: A gödöllői árbocakác-kísérlet értékelése. *Az Erdő* 33(4): 164–165.
- Bujtás Z. és Halmágyi L. 1991: Nektárvizsgálatok. In: Halmágyi L. és Keresztesi B. (szerk.): A méhlegelő. Akadémiai Kiadó, Budapest, 96–100 o.
- Bujtás Z. és Keresztesi B. 1991: Virágzásfenológiai megfigyelések. In: Halmágyi L. és Keresztesi B. (szerk.) 1991: A méhlegelő. Akadémiai Kiadó, Budapest, 85–93 o.
- Fleischmann R. 1934: Akác nemesítési kísérletek Kompolton. *Erdészeti Lapok* 73(3): 221–232.
- Halupa L. és Kapusi I. 1974: Adatok az akác termesztés termőhelyi feltételeinek meghatározásához. (Vizsgálatok a Nyírségben). *Erdészeti Kutatások* 70(1): 59–68.
- Honfy V., Ábri T., Juhász L., Rásó J., Keserű Zs. és Rédei, K. 2021: A simplified method for application of natural regeneration in black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) stands in Hungary. *Journal of Forest Science* 67(2): 66–70.
- Kapusi I. 1976: A különböző fatermőképességű akácok kitermelésének és felújításának költség-hozam mérlege. *Az Erdő* 25(6): 262–264.
- Kapusi I. 1980: Korszerű technológia akácok sarjztatására, sarjállomány ápolására. *Erdészeti Kutatások* 73(1): 55–60.
- Kapusi I. 1994: Az akác termesztés biológiai alapjának megújítása. *Erdészeti Lapok* 129(1): 14–16.
- Keresztesi B. 1964: A hazai árbóc jellegű akác előfordulások. *Erdészeti Kutatások* 60(3): 133–155.

- Keresztesi B. 1967: Akácelegyítési kísérletek Duna–Tisza közti homokon. Erdészeti Kutatások 63(1–3): 129–148.
- Keresztesi B. és Papp L. 1968: Az akác vegetatív szaporítása gyökérdugványról. Erdészeti Kutatások 64(1–3): 379–384.
- Keresztesi B. 1985: Az akácatermesztés és hasznosítás néhány időszerű kérdése. Az Erdő 34(3): 101–105.
- Keresztesi B. 1987: Erdészeti nemesítési koncepció az 1987–2000 időszakra. Az Erdő 36(10): 464–469.
- Keresztesi B. 1991: Az ország akácerdei virág- és nektárhozamának megközelítő becslése. In: Halmaági L. és Keresztesi B. (szerk.) 1991: A méhlegelő. Akadémiai Kiadó, Budapest, 101–109 o.
- Keserű Zs., Borovics A., Ábri T., Rédei K., Lee I. H. és Lim H. 2021: Growing of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Candidate Cultivars on Arid Sandy Site. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 17(1): 51–61.
- Kisrómai A. 1959: Az „árbóc”-akácról. Az Erdő 8(12): 466–468.
- Kisrómai A. 1961: Az árbócakác szaporításának kísérleti eredményei. Az Erdő 10(3): 97–100.
- Kopecky F. 1957: Néhány adat az akác nemesítéséhez. Erdészeti Kutatások 4(1–2): 19–29.
- Kopecky F. 1966: Indukált nyár és akác poliploidok jelentősége a gyors növésű fajok nemesítésében. Erdészeti Kutatások 62(1–3): 161–175.
- Malvóti M., Olimpieri I., Pollegioni P., Cseke K., Keserű Z. és Rédei K. 2015: Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Root Cuttings: Diversity and Identity Revealed by SSR Genotyping: A Case Study. South-east European Forestry 6 (2): 201–217.
- Mihályi Z. 1937: Egy figyelemreméltó akác-válfaj. Erdészeti Lapok 76(11): 850–862.
- Nemky E. 1968: Erdészeti növény-nemesítés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 306 o.
- Pogrányi K., Németh J. J., Bach I. és Sovány M. 2019: A növénytér és a fajtahasználat hatása az akác fiatalkori növekedésére a csemői kísérleti terület (Csemő 339/C erdőrezlet) felvételi adatai alapján. In: Csiha I. (szerk.) 2019: Tudományos eredmények a gyakorlatban. Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap, Alföldi Erdőkért Egyesület, Kecskemét, 68–78. o.
- Rédei K., Ábri T., Szabó F. és Keserű Zs. 2021: Yield table for selected black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) cultivars. Acta Agraria Debreceniensis 1: 193–198.
- Rédei K., Csiha I., Keserű Zs. és Gál J. 2012: Influence of Regeneration Method on the Yield of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Stands: a Case Study. Acta Silvatica and Lignaria Hungarica 8: 103–111.
- Rédei K., Csiha I., Keserű Zs. és Rásó J. 2009: Initial spacing effect on the stand structure factors in young black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) stands. Lesnicky Casopis – Forestry Journal 4: 395–400.
- Rédei K. és Meilby H. 2000: Effect of thinning on the diameter increment in black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) stands. Silva Gandavensis 65: 115–127.

A fenyők nemesítése

Mátyás Csaba, Nagy László és Ujváriné Jármay Éva

A fenyőnemesítés, mint kiemelt fejlesztési program

A 2. világháború után az országos fahiány leküzdése érdekében az akkori politikai vezetés a „gyorsan növő” fajok felkarolásában látta a megoldást, és ebben a nyárfa nemesítés mellett a fenyőtermesztés fejlesztése is központi feladat és program lett. 1951-ben az Országos Erdészeti Főigazgatóság bízta meg Bánó Istvánt, akkor még a Vas megyei Erdőgazdasági Egyesülés erdőművelőjét, a fenyőfajok, elsősorban az erdefenyő nemesítésével és ültetvényes magtermesztésével. Az 1953-ban az ERTI átvette Bánó Istvánt és vele a Kámoni Arborétumban elindult fenyőnemesítést. Így az Arborétum évtizedekre a fenyőnemesítési kutatások fő bázisává vált. A fenyőfajok adottságai miatt a nemesítés középtávú céljai között elsősorban a származási kísérletek, a törzsfaszelekció és az ültetvényes magtermesztés megoldása szerepeltek.

A nemzetközileg is elismert eredményekre építve Szőnyi László főosztályvezető 1970-ben a „Fenyő célprogram” elindításával egy modern, interdiszciplináris programot terem-



A Fenyő célprogram terepi megbeszélése az ERTI sárvári munkatársaival az Acsád-Cikotai magtermesztő ültetvényben, 1980-ban (balról jobbra: Palotás Ferenc kísérleti állomás igazgató, Lőczy János erdész, Bánó István tudományos tanácsadó, Solymos Rezső főosztályvezető, Harkai Lajos főmunkatárs, Weidl Ferenc erdésztechnikus, Trombitás Tamás tudományos munkatárs, Fodor Sándor tudományos munkatárs) (Fotó: Mátyás Cs.)

tett meg, amely egy teljes termesztési vertikum fejlesztését tűzte ki célul. A célprogram azonban hamarosan a 80-as évek gazdaságpolitikai nehézségeibe és a fenyőtermesztés egyre súlyosabb ökológiai akadályaiba ütközött, és lendületét már a rendszerváltozás előtt elvesztette. Az időközben előállt környezeti és gazdasági nehézségek tanulsága, hogy a gazdaságpolitikai törekvések által erőltetett, gazdasági hozamra összpontosító kutatási irányzat magában hordozta az eredménytelenség veszélyét, függetlenül a tudományos eredményektől.

Idegenhonos (egzóta) fenyőfajok honosítása

A fenyő egzóták, elsősorban a duglászfenyő honosításával már a 19. század végétől foglalkozott az erdészeti kutatás és gyakorlat (Bedő 1878). A selmecebányai kutatóállomás igen széleskörű kísérlet-létesítései után fél évszázaddal, az 1950-es évek elején indult egy kormányzat által elhatározott honosítási program, legnagyobbbrészt fenyőfajok bevonásával. Részben szabályos elrendezésű, ismétléses egzóta kísérletek (ú.n. „pinétumok”, a nemesnyár „populétumok” analógiájára), vagy foltszerű erdőállományok létesültek, elsősorban a kedvezőbb adottságú Dunántúlon: Agostyánban, Neszmélyen, Bázakerettye–Budafán, Budakeszin, a Gödöllői és a Jeli Arborétumban és további helyszíneken. 1975-ben Majer Antal Sopron környékén létesített további két fajfaj-összehasonlító kísérletet (Majer 1980; Kondorné 2011).



Fenyő fajösszehasonlító kísérlet (pinétum) Bázakerettye-Budafán (Zala megye), mintegy 20 északamerikai és keletázsiai fajfaj állományszerű parcelláival, 1968 körül (Mátyás Cs. archívuma)

A pinétumok néhány évtizedes tapasztalatai alapján a hazai körülmények között legígéretesebben természetű egzótáknak elsősorban a duglászfenyő, kisebb mértékben a simafenyő bizonyultak (Bánó 1963). A „Fenyő célprogram” keretében még intenzív, ültetvényes termesztésük is felmerült (Harkai 1987; Harkai és Páll 1986). A kutatások tapasztalatait összegezve megállapítható, hogy döntő fontosságú a

magforrás eredetének ismerete; a kísérletek egyik fő gyengéje az ismeretlen származású mag felhasználása volt.

Fenyő származási kísérletek⁵

Már a 19. század elejétől több európai országban létesültek fenyő származásokat összehasonlító kísérletek, de nemzetközi koordinálás nélkül. A koordinálás szükségessége hozzájárult a IUFRO megalapításához⁶. 1900 után Roth Gyula irányításával számos kísérlet létesült, a Magyarországon tervezett, de a háború kitörése miatt meghiúsult IUFRO kongresszusra készülés jegyében. Összesen 23 helyen alapítottak fenyőkkel származási és 13 helyen honosítási kísérletet (Roth 1958; Nagy 2020), amelyek felvételezése az 1. világhá-

⁵A származási kísérletekről általában l. a genetika fejezetrészt.

⁶Lásd a IUFRO-ról szóló alfejezetben.

borúval megszakadt. Értékelt adatokat egyedül Štastný (1958) közölt a Likava-i erdeifenyő kísérletről. 1941-ben Magyar Pál Bugacon és Királyhalmán (ma Ásotthalom) hozott létre nemzetközi erdeifenyő származási kísérleteket, a IUFRO szervezésében. Közülük a bugaci vészelte át a világháborút, végső kiértékelésére 1977-ben került sor (Harkai és Mátyás 1978).

A háború utáni idők első származási kísérlete hazánkban a Kámoni Arborétumban létesült, melynek nem mindennapi az előtörténete. Az 1956-ban Sopronból Kanadába emigrált egyetemi oktatók között volt Sziklai Oszkár, aki Vancouverben az erdészeti genetika ottani első professzora lett. Egy brit kolumbiai kísérletsorozat anyagából 27 duglászfenyő származást juttatott el 1958-ban Bánó Istvánnak, aki a kísérletet titokban hozta létre a Kámoni Arborétumban; eredményét „természetesen” nem lehetett publikálni. Mátyás Csaba 1977-ben rekonstruálta a telepítést és megállapította, hogy húsz év után a brit kolumbiai származások közül a kontinentálisabb, partvidéktől távolabbi, zöld duglász származások mutatták a legjobb növekedést, a tengerparti teljesítménye gyengébb (Mátyás 2013). Ezt az eredményt további származási kísérletek is megerősítették (Szőnyi és Ujváriné Jármay 1969). A duglászfenyő iránt Európa szerte megnyilvánuló érdeklődést erősítette, hogy az északnyugat-amerikai populációk a tengerparti körzetekben szubmediterrán jellegű nyarakhoz alkalmazkodtak, ezért aszálytoleranciájukra számítani lehetett.

A IUFRO szervezésében 1966-ban 36 országban létesültek széleskörű duglászfenyő származási kísérletek, Sziklai Oszkár közreműködésével (Sziklai 1990; Kleinschmit és Bastien 1992). Szőnyi László szervezésében Magyarország 104 magtételt kapott. A fiatalkori adatok megerősítették a korábbi kísérletek eredményeit, itt is a Parti-hegylánctól, ill. Vancouver szigetétől keletre fekvő, Kaszkád-hegységi származások szerepeltek jól (Ujváriné Jármay 1972; Harkai 1983). A mátrai és a bükkői kísérlet azonban a fellépett súlyos vadkár és fagszárazság miatt hamarosan értékelhetetlenné vált. A fafaj ökológiai és vadkár-érzékenysége mellett számos elkerülhető szakmai hiba és értetlenség is hozzájárult a természetbe vonás sikertelenségéhez.

A következő évtizedben két további, nagy área-területet képviselő, jelentős származási kísérlet létesült az országban, luc- és erdeifenyővel. A IUFRO által 1968-ban szervezett, mindeddig legnagyobb, 1100 származást (!) magába foglaló nemzetközi lucfenyő leltározó kísérlet-hálózatának összesen 20 európai/észak-amerikai helyszínéből egy a Gyöngyössoly mos községhatárban lévő Nyírjesen létesült, Szőnyi László szervezésének köszönhetően. E kísérletben végzett, nemzetközileg is a legalaposabbnak tekinthető vizsgálatok szerint a legstabilabb, kiváló növekedésű lucfenyő populációk a Keleti-Kárpátokból, a Bihar-hegységből és a Beszkidekből kerültek ki (Szőnyi és Ujvári 1970; Ujváriné Jármay et al. 2016; Mátyás és Ujváriné Jármay 2016). A rendkívüli gondossággal kezelt kísérlet számos új kvantitatív-genetikai eredményt szolgáltatott a 2018-ban bekövetkezett felszámolásáig, pl. az úgynevezett „alkalmazkodási késés” (*adaptation lag*) jelenségét is igazolta (Mátyás 1990).

E. P. Prokazin (VNIILM intézet, Puskinó) és Mátyás Csaba együttműködésében 1978-ban erdeifenyővel létesült egy szovjet–magyar származási kísérlet, négy magyar és mintegy harminc Szovjetunió-beli helyszínen. A kísérletbe vont 113 (a hazai kísérletekben 64) populáció Nyugat-Európától a Csendes-óceánig a teljes elterjedési területet képviselte. Erdeifenyővel az área hasonló kiterjedésű területét átfogó kísérlet sehol másutt nem létesült.

A kísérletsorozat elemzése az erdefenyő fenológiai tulajdonságainak klimatikus, elsősorban hőmérsékleti viszonyok általi meghatározottságát bizonyította (Mátyás 1981). Jó törzslakjokkal és növekedési tulajdonságaikkal elsősorban az ukrain erdős-sztyep klímazóna populációi tűntek ki a hazai kísérletekben (Mátyás és Harkai 1982). Az ebből a régióból származó populációk fenotípusos stabilitása is magas (Nagy és Mátyás 2001; Nagy 2011). Az elemzések kimutatták az extrém termőhelyeken jelentkező genetikai elszegényedés és mortalitás jelenségét. A klimatikus szelekció tényezőire nézve kimutatható volt, hogy azok hatása az elterjedési területen belül differenciáltan jelentkezik. Így a csapadék-tényezők hatása a szárazsági („alsó”) határon erőteljes, míg a hőmérsékleti tényezők súlya a termikus („felső”) határ közelében mutat szoros kapcsolatot a klímaérzékenységgel, akárcsak más fafajok esetében (Mátyás et al. 2015).

Az európai erdefenyő származási kísérletek jelentős hátránya volt, hogy azokban az oroszországi árearész alig, vagy egyáltalán nem szerepelt. Ezért Mátyás Csaba és S. Bialobok javaslatára, a IUFRO egy újabb kísérletsorozatot indított, amely a teljes európai area hossz- és keresztmetszete mentén mintázott 20 populációt tartalmazott, és mintegy standardizálni kívánta az eddigi eredményeket. Az 1982-ben megvalósult kísérlet sorát több véletlen befolyásolta (gyenge magtermés a kijelölt helyszíneken, a Lengyelországban bevezetett hadiállapot által megakasztott magtétel szétosztás, néhány résztvevő visszalépése stb.). A hazai helyszínen a sikeres telepítést gondatlan vegyszerezés tette tönkre. A nemzetközi eredmények mindenesetre a kiválasztott magyar származást (Pornóapáti) a legjobbak közé sorolták (Barzdajn et al. 2016).

Kiseb területű származási kísérletek létesültek feketefenyő és vörösfenyő populációkkal is, előbbiek Szőnyi László, utóbbiak Tuskó László szervezésében (Bánó és Mátyás 1978). A feketefenyő származások közül a jobb termőhelyű kísérletekben a korzikai *Pinus nigra* ssp. *laricio* alfaj populációi emelkedtek ki, míg az extrém helyszíneken a délkelet-európai származások szárazságtűrésük miatt alkalmasabbnak bizonyultak (Trombitás 1981). Tuskó László nemzetközi közreműködéssel négy vörösfenyő származási kísérletsorozatot telepített 1959 és 1973 között. Az európai vörösfenyő populációkat három kísérletben vizsgálták (külön lengyel, európai és szudéta sorozatok keretében). A japán eredetű vörösfenyő származások külön sorozatban szerepeltek. Az értékes génkészletet képviselő kísérletekben a nemesítő további egyedszelekciót végzett. Az oltványokkal végzett klónvizsgálatok mellett mesterségesen előállított és spontán hibridek vizsgálatára is sor került. A szudéta származások és a *Larix × eurolepis*⁷ spontán fajhibrid utódai mutatták a legjobb növekedést (Tuskó 1978). A kutató korai halála a támogatások csökkenésével együtt ezeket a munkákat is félbeszakította.

Összességében megállapítható, hogy a 20. század Európája a hosszú fenntartási idejű származási kísérletekhez az intézményi és (szak-)politikai kontinuitást, a kitartó szakmai elkötelezettséget és a szoros nemzetközi együttműködést csak kivételes esetekben tudta biztosítani.

⁷Ma elfogadott neve: *Larix × marschlinsii*.

Fenyőnemesítés és magtermesztés a világ élvonalában

A dán Syrach Larsen az 1930-as években vetette fel a gondolatot, hogy az erdei fák magtermesztését – a magbegyűjtés technikai problémái miatt – ültetvényes formában, oltványokkal kellene megoldani. Érdeemes megemlíteni, hogy ez a gondolat nemzetközi nyilvánosság előtt először éppen Budapesten hangzott el, a IUFRO 1936-os nemzetközi konferenciáján. Ezt a kezdeményezést karolta fel a háború utáni hazai erdészeti vezetés, felismerve, hogy a tervezett fenyvesítési program végrehajtásának egyik fő akadálya a jó minőségű mag hiánya.

Az országszerte szelektált legjobb erdei fenyő törzsfák oltványaival 1952-től a Kámoni Arborétumban és Sárvár–Bajtiban létesült kísérleti magtermesztő ültetvény („plantázs”). A Bánó István által végzett rendszeres megfigyelések központjában érthető okokból a magtermés mennyiségi értékelése állt. Az oltványklónok vizsgálata nemzetközileg is új adatokat szolgáltatott a faj virágzásáról és maghozamáról, és megalapozta a nemesített fenyőmag üzemi méretű termesztését. Bánó és Retkes kimutatta, hogy az oltványklónok virágzási intenzitása, hím- és nővirág aránya, végső soron évi maghozama nagy mértékben eltérő, a különbségek akár 25-szöröse is lehetnek; vagyis a szaporodásra, illetve a vegetatív szervekre allokált szervesanyag klón- vagyis genotípus-jellemző tulajdonság (Bánó et al. 1971/72; Giertych és Mátyás 1991). Az allokáció egyedi jellemzői eltérő kompetitív helyzetben (eltérő hálózatban) is megmaradnak (Varga és Mátyás 2000). Ez indokolja, hogy a magtermesztő ültetvények oltványklónjait *magtermesztési értékre* szelektálják (Bánó 1968). Ez a nemzetközileg új eredmény Bánó István legeredetibb és valószínű legfontosabb felismerése volt. Sajnos a nemzetközi kapcsolatok akkoriban korlátozott volta miatt ez az eredmény külföldön a mai napig nem kapott figyelmet.

A kísérleti erdeifenyő ültetvények kedvező tapasztalatai alapján, nemzetközileg is példátlan méretekben, több száz hektár fenyő és lombfa plantázs létesítését vette tervbe az OEF vezetése az 1960-as évek derekán. A gyors ütemű erdőtelepítések fenyőcsemete-igénye szempontjából kézenfekvő döntés volt a hazai ültetvényes magtermesztés „nagyüzemi” megoldása. 1967 tavaszán kezdődött meg az ültetvények telepítése mintegy 100 hektáron. A Dunántúl teljes magigényének ellátására a Szombathelyi Erdőgazdaság területén, Acsa-



Az erdeifenyő oltványok vizsgálatakor meglepő egyedi eltérések mutatkoztak a klónok virágzási hajlama között. Retkes József, Szőnyi László (balról) és Bánó István (jobb szélén) a virágzást ellenőrzik a Kámoni Arborétum kísérleti ültetvényében (1962; ERTI archívum)

don, 62 ha-on valósult meg az első ültetvény erdei-, vörös- és feketefenyő fajokból, és további központi ültetvények létesültek Albertirsán és Kálban. A fajtaelismerésben végzett fejlesztő kutatás eredménye, hogy a kiválasztott első erdeifenyő oltványklón-csoport állami fajtaelismerést kapott 'Cikota-1' néven. A „magtermő klónösszeállítás”, mint fajtaelismerési lehetőség nemzetközileg is egyedülálló újdonság (Mátyás 1986). Bánó István és egykori kollégái, Retkes József és Mátyás Csaba további szelekciós munkája eredménye a 'Cikota-2' és a 'Pornói' klónösszeállítások. Jelenleg (2022) három erdészeti hasznosítású fenyő fajtát (*Pinus sylvestris* 'Pornói', *P. nigra* 'Kál', *Larix decidua* 'Dunántúl-1') tartalmaz a nemzeti regiszter, ezek közül a 'Pornói' ma is széles körben hasznosított.

A magyar eredmények azt is kimutatták, hogy a hazai klimatikus viszonyok mellett a fenyők magtermő-képessége kiemelkedően magas. Ennek kihasználására Bánó István és Prof. H. Schönbach (Erdészeti Nemesítő Intézet, Graupa, NDK) együttműködésében, négy



Európa valószínű legnagyobb, 62 hektáros erdeifenyő oltvány magtermesztő ültetvénye Acsád-Cikotán, 4 éves korban, 1970-ben. A képen látható tömb a Cikota-1 erdeifenyő fajta klónösszeállítására (Fotó: Mátyás Cs.)

fenyőfaj (luc-, erdei-, vörös- és duglászfenyő) oltványklónjaival 1964-ben párhuzamos (NDK–magyar) kísérletek létesültek az akkori NDK fenyőmag-igényének hazai helyszínen való előállítására Kámonban és Kisunyomban. Az időközben gyökeresen átalakult feltételek nem tették lehetővé a kétségtelenül érdekes kísérlet lezárását.

Az acsádi erdeifenyő plantázsban, az erőltetett terméshozam-növelés jegyében, egy NDK-ban kidolgozott termésfokozó hormon-kezelés licenc alkalmazására is sor került 1983-ban. A költséges helikopteres alkalmazás eredményes volt, de a fokozódó gazdasági problémák és a fenyőtermesztés jelentőségének elvesztése miatt a magtermés fokozása hirtelen érdektelenné vált. A rendkívül nagy területű ültetvényben a kétségtelen szakmai előnyök mellett itt mutatkozott meg elsőként a központosítás fő hátránya: az időjárási szélsőségek és egyéb károsítások csapásai egy központosított ültetvényben jelentős kockázatot jelentenek. Az ültetvényterület koncentrációja mellett szóló érv volt még a kívülről érkező, azonos fajú pollen-kontamináció arányának csökkentése. Hazai vizsgálatok az erdeifenyő kísérleti ültetvényben már korán kimutatták az idegen eredetű virágpor magas részarányát (Mátyás 1979, In: Mátyás 2002). Ezt újabb, markeres elemzések tölgy esetében is valószínűsítették (Borovics et al. 2012; l. a lombosfa magtermesztő ültetvények fejezetben). Az eredmények alapján bebizonyosodott, hogy a

bőven pollent termő fajok (fenyők, nyárok) esetében a kontamináció kizárása lehetetlen, aránya csak a terület megfelelő elhelyezésével csökkenthető.

A fenyőtermesztés jelentőségének elvesztése további kutatási területek félbeszakadáshoz vezetett. A 80-as években a Fenyő célprogram megszűnésével támogatását veszítette a hosszúrostú lucfenyő nemesítés (Ujváriné Jármai és Szőnyi 1973), valamint a legjobb lucfenyő klónok vegetatív szaporításának kutatása is, amely német példák nyomán sike-



Az acsádi fenyőültetvény toboztermésének begyűjtésére konstruált hidraulikus adapter, csuklósan igazítható hidakkal (tervezők: Mátyás Cs. és Tiborc S.). Minden előnye ellenére, a szakmai és gazdasági feltételek változásával az adapter használata feleslegessé vált (Fotó: Mátyás Cs., 1983)

res eredményekkel indult (Szőnyi et al. 1975; Ujváriné Jármai 1980). A rendszerváltozással bekövetkezett prioritás- és támogatottság változások a fenyőnemesítésben, de különösen a nemzetközi erőfeszítéssel kezdeményezett származási kísérletezésben a kutatások továbbvitelét lehetetlenné tették. A kísérletekben, klóngyűjteményekben, dokumentációkban bekövetkezett károk pótolhatatlan veszteséget okoztak az európai erdészeti tudománynak is.

A fenyők karrierjének megtörése nem változtatott az eredmények jelentőségén

Az elmúlt évtizedekben a fenyőfajok, főleg a lucfenyő jelentős károsodást szenvedtek a melegedő klíma és a rovargradációk miatt, ami az elért eredmények gyakorlati bevezetését visszavetette. Ehhez hozzájárult az idegenhonos fajok természetvédelmi okokból fakadó elutasítása. Mindezek ellenére a kutatás számos felismerése nemcsak nemzetközileg, hanem hazai körülmények között is nagy fontosságú, és más, kevésbé kutatott fajokra is érvényesíthető, elsősorban az evolúciós változások és a klímastressz-tolerancia megítélése szempontjából (Mátyás 1986)⁸.

A magyar eredmények nemzetközi jelentőségét jelzi, hogy 1966-ban a IUFRO nemesítés és genetika szekciója az erdészeti nemesítés hazai eredményeiről nemzetközi konferen-

⁸Az evolúciós ökológia termőhelyi alkalmazkodással kapcsolatos eredményeit az általános genetika alfejezet tárgyalja.

ciát szervezett⁹. 1971-ben pedig a FAO nemzetközi továbbképzést szervezett az ültetvényes magtermesztésről, melyről egy oktatófilmet is készített. Mindkettő háttérben az ERTI Nemesítési Osztályának akkori vezetője, Szőnyi László tekintélye és szervezőkészsége állt.

Az utóbbi évtizedek során a klímaváltozással összefüggésben ismét jelentős figyelem fordult a származási kísérletek felé. A kísérletekből levezetett modellek ugyanis bizonyították, hogy alkalmasak a várható klímaváltozás erdőkre gyakorolt hatásának konkrét előrejelzésére. Ez a magyar fenyőnemesítési kutatás valószínűleg legfontosabb, nemzetközileg is újdonságként számontartott, és folyamatosan hivatkozott eredménye (Mátyás 1994)¹⁰.

Irodalom

- Bánó I. 1963: A duglászfenyő-állományok erdőművelése hazai tapasztalatok alapján. MTA Agrártudományok Osztályának Közleményei 22(1–2): 93–104.
- Bánó I. 1966: German-Hungarian Scotch pine seed orchard experiment. In: Meeting of IUFRO Section 22 members in Hungary. Budapest, 1: 22–27. o.
- Bánó I. 1968: Erdeifenyő klónvizsgálat a magtermesztési érték megállapítása céljából. Erdészeti Kutatások 64(1–3): 119–134.
- Bánó I., Mátyás Cs., Retkes J. és Szőnyi L. 1971 és 1972: Planning and establishment of Scotch pine seed orchards in Hungary. Part I. Erdészeti Kutatások 67(2): 73–79. és Part II. 68(2): 129–145.
- Bánó I. és Mátyás Cs. 1978: A fenyők nemesítése. In: Keresztesi B. és Solymos R. (szerk.) 1978: A fenyők termesztése és a fenyőgazdálkodás. MTA Agrártudományok Osztályának monográfia sorozata, 2. kiadás. Akadémiai Kiadó, Budapest, 116–156. o.
- Barzdajn W., Kowalkowski W. és Chmura D. J. 2016: Variation in growth and survival among European provenances of *Pinus sylvestris* in a 30-year-old experiment. *Dendrobiologia* 75: 67–77.
- Bedő A. 1878: A douglas-fenyő, *Abies Douglasii*. Erdészeti Lapok 17(11): 643–656.
- Borovics A.; Cseke K. és Molnár T. 2012: Genetic Consequences of Utilization Artificial Populations. In: Proceedings, Forest Seed Orchards and Breeding Theory Conference, 21-25 May 2012, Antalya, Turkey, 67–71. o.
- Giertych M. és Mátyás Cs. (szerk.) 1991: Genetics of Scots pine. Developments in Plant Genetics and Breeding. Elsevier Science Ltd, Amsterdam.
- Harkai L. 1983: A Zalaerdői duglászfenyő származási kísérlet faterméstani értékelése. Erdészeti Kutatások 75(1):19–27.
- Harkai L. 1987: A duglászfenyő hálózati kísérlet értékelése. Erdészeti Kutatások 79(1): 33–38.
- Harkai L. és Mátyás Cs. 1978: Külföldi erdeifenyő-származások növekedése egy bugaci kísérletben. *Az Erdő* 27(7): 307–310.
- Harkai L. és Páll M. 1986: A simafenyő ültetvényes termesztéséről. Erdészeti Kutatások 78(1): 71–78.
- Kleinschmit J. és Bastien J. Ch. 1992: IUFRO's Role in Douglas-Fir (*Pseudotsuga Menziesii* (Mirb.) Franco) Tree Improvement. *Silvae Genetica* 41(3): 161–173.

⁹ lásd még: „Magyar részvétel a IUFRO-ban”, a Kísérletügy fejezetben.

¹⁰Részletesebben lásd az Ökológia főfejezetben.

- Kondorné Szenkovics M. 2011: A zöld duglászfenyő növekedésének vizsgálata két különböző termőhelyen. Erdészettudományi Közlemények 1(1): 71–81.
- Majer A. 1980. Vizsgálati eredmények a fajajmegválasztás köréből. Erdészeti és Faipari Egyetem Közleményei 1: 55–64.
- Mátyás Cs. 1979: Erdeink géntartalékai. In: Sterbetz I. (szerk.): Biológiai környezetünk védelme. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, 79–94. o.
- Mátyás Cs. (szerk.) 1986: Nemesített erdészeti szaporítóanyag-ellátás. MTA Agrártudományok Osztályának erdészeti kismonográfia sorozata, Akadémiai Kiadó, Budapest, 135 o.
- Mátyás Cs. 1994: Modeling climate change effects with provenance test data. Tree Physiology 14: 797–804.
- Mátyás Cs. 1981: Kelet-európai erdeifenyő-származások fenológiai változékonysága. Erdészeti Kutatások 74(1): 71–80.
- Mátyás Cs. 1990: Adaptation lag: a general feature of natural populations. Invited lecture. In: Proceedings of WFGA-IUFRO Symposium. Olympia, Washington, USA, Paper 2.226. 1–10. o.
- Mátyás Cs. 2002: Erdészeti-természetvédelmi genetika. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 422 o.
- Mátyás Cs. 2013: Kámoni Arborétum az erdőgazdálkodás szolgálatában. In: Szendi Zs. (szerk.) 2013: Kámoni Arborétum. ERTI – Kámoni Arborétumért Egyesület, 87–93. o.
- Mátyás Cs. és Harkai L. 1982: Szovjet erdeifenyő populációk fiatalkori értékelése. Agrártudományi Közlemények 41(3): 543–548.
- Mátyás Cs., Rasztovits E., Móricz N., Horváth A., Nagy L. és Ujváriné Jármay É. 2015: Reaction norms and responses in vitality and survival to climatic change of *Fagus sylvatica*, *Quercus* spp., *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. Final report, FP7-FORGER project 289119 / D3.3, Wageningen 75 o.
- Mátyás Cs. és Ujváriné Jármay É. 2016: Az „évszázad kísérlete” – Egy csonkán maradt tudományos életpálya tanúsága. Erdészeti Lapok 151(12): 423–426.
- Nagy L. 2011: Éghajlati alkalmazkodóképesség és válaszreakció előrejelzése erdeifenyő (*Pinus sylvestris* L.) populációkon. Doktori (PhD) értekezés. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 60 o.
- Nagy L. és Mátyás Cs. 2001: Modellierung der phänotypischen Variation von eurosibirischen Kieferhernkünften. Nachhaltige Nutzung forstgenetischer Ressourcen. 24. Tagung der Arge. Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Pirna, 233–234. o.
- Nagy L. (szerk.) 2020: Trianon hatásai a magyar erdőgazdálkodásra. Veszteségek és átalakulás. Országos Erdészeti Egyesület, Budapest, 316 o.
- Roth Gy. 1958: A magyar erdészeti kutatásügy története 1898-tól 1940-ig. Erdészeti Kutatások 5(3–4): 5–18.
- Sziklai O. 1990: Douglas-fir provenance/progeny test at Haney, Brit. Columbia, Canada. In: Proceedings of Joint Meeting WFGA and IUFRO, Olympia, Washington, USA. Paper 2.313.
- Szőnyi L. és Ujváriné Jármay É. 1969: Duglászfenyő kereskedelmi magtételek értékelése. MÉM 1969 évi főbb kutatási eredményei, 277–281. o.
- Szőnyi L. és Ujvári F. 1970: International (IUFRO) Norway spruce provenance trial. Erdészeti Kutatások 66(2): 47–59.
- Szőnyi L., Ujvári F. és Ujváriné Jármay É. 1975: Autovegetative propagation of Norway spruce / A lucfenyő szaporítása dugványozással. Erdészeti Kutatások 71(2): 163–170.
- Štastný T. 1958: Az 1909–1912-ben létesített erdeifenyő származási kísérletek értékelése Likavkáról. Erdészeti Kutatások 5(3–4): 68–103.

- Trombitás T. 1981: Adatok a magyar feketefenyő-származási kísérletekről. Erdészeti Kutatások 74(1): 81–87.
- Tuskó L. 1978: A vörösfenyő nemesítése. In: Keresztesi B. és Solymos R. (szerk.) 1978: A fenyők termesztése és a fenyőgazdálkodás. MTA Agrártudományok Osztálya monográfia sorozata, 2. kiadás. Budapest, Akadémiai Kiadó, 150–156. o.
- Ujváriné Jármay É. és Szőnyi L. 1973: Expectable gain breeding long fibre Norway spruce. (Preliminary report). Erdészeti Kutatások 69(2): 93–99.
- Ujváriné Jármay É. 1980: Nemesített lucfenyő vegetatív szaporítása. Erdészeti Tudományos Intézet, Budapest, 15 o.
- Ujváriné Jármay É., Nagy L. és Mátyás Cs. 2016: The IUFRO 1964/68 Inventory Provenance Trial of Norway Spruce in Nyírjes, Hungary – results and conclusions of five decades. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 12 (különszám): 178 o.
- Varga G. és Mátyás Cs. 2000: A versengés hatása a koronaszerkezetre és a földfeletti biomassza megoszlására erdeifenyő ültetvényben. Soproni Egyetem Tudományos Közlemények 46: 47–54.

Lombosfa magtermesztő ültetvények

Benke Attila és Mátyás Csaba

A múlt század második felében indult erdőtelepítési program egyik gyenge pontja a kiültetésre alkalmas szaporítóanyag hiánya volt, melynek oka a magtermelő állományokban történő magbegyűjtés nehézségeire volt visszavezethető. Ezért, a kísérleti fenyő magtermesztő ültetvények sikereiből kiindulva (Retkes 1968), felmerült a lombos fafajokra vonatkozó magigény tervszerű „termelésének” ötlete is, ami az akkori gazdasági berendezkedés szemléletében központi, lehetőleg gépesített megoldást jelentett volna, elsősorban mennyiségi szempontok figyelembevételével. Míg a fenyők magszükségletét három helyszínen, a lombos fafajokét négy, egyenként mintegy 180 hektáros ültetvény biztosította volna (Marjai 1963).

Az első lombosfa magtermesztő ültetvényt a vegetatív úton gazdaságosan nem szaporítható fehér nyárral Kopecky Ferenc létesítette 1962-ben, az akkori Kiskunsági és Gödöllői Erdőgazdaságok területén, összesen 11 ha-on, de tervei között szerepelt még további hat erdőgazdaságnál összesen 40 hektár ültetvény telepítése is. Utóbbi ültetvények részben „heterózis-plantázások” lettek volna, két-két különböző fajú hím- és nőivarú egyed klónjaival, amelyek természetes keresztezéséből *P. alba* × *P. grandidentata*, ill. *P. tremula* × *P. tremuloides* hibrid vetőmagot várt a nemesítő (Kopecky 1966) – eme ültetvények telepítésére végül nem került sor.

A rendszerváltás körüli időszakban a lombos fafajok ültetvényes magtermesztésének kérdése már genetikai szempontokkal kiegészülve merült fel ismét, de jórészt csak említések, elképzelések szintjén (akác és tölgyek – Keresztesi 1987; fehér nyár – Bartha 1993; madár-cseresznye – Barna 1996a; olasz tölgy – Kézdy és Bordács 1998; őshonos fafajok – Gergác 1998). A nagyobb mérvű ültetvénytelepítésekben megnyilvánuló szakmai kezdeményezések elmaradásának oka a kemény lombos fafajok esetében a magtermés közismert bizonytalanságában, az akácnál pedig a fajták gazdaságos vegetatív szaporításának megoldásához fűzött

reményben, de mindenekelőtt az alapozó maggazdálkodási kutatások támogatásának elmaradásában volt keresendő. Ettől függetlenül akadt példa lombosfa magtermesztő ültetvények telepítésére, melyet az ezidőtájt egyre szélesebb körben elfogadott cél, az őshonos vagy értékes fafajok genetikai erőforrásainak megőrzése is erősített (Barna 1996b, Borovics et al. 1997; Gergáczy 1998), de fontos volt a gazdálkodói oldal felől érkező igény a (feltételezett) genetikai előnnyel rendelkező szaporítóanyag megtermelése iránt is. Bár a központi elképzeléseket ezúttal már nélkülöző kezdeményezéseknél alkalmasint hiányzott a kutatás tartós koordináló részvétele, a két szektor közös erőfeszítéseire is akadt példa. A Szombathelyi Erdészeti Zrt. az acsádi fenyőplántás egy felszámolt részén például egy közel 10 hektáros kocsányos tölgy ültetvényt hozott létre, az ERTI-vel együttműködve. A gazdálkodók és a kutatás e témában talán legsikeresebb együttműködésének pedig a Mecsekerdő Zrt. Sellyei és Szigetvári Erdészeteinek területén létrehozott kocsányos (Bogdása) és kocsánytalan tölgy (Sasrét) magtermesztő ültetvények tekinthetők (Bodor és Molnár 1997); a bogdásai szlávón tölgy plantázs a hazai ültetvény-kutatás kiemelt figyelmet érdemlő helyszínének tekinthető napjainkban is.

Az államilag elismert árbócakacé fajták esetében – a korábban támogatott vegetatív szaporítás visszaszorulása miatt – újabb ültetvénylétesítési tervek láttak napvilágot az ezredfordulón (Rédei et al. 2008). A kettős hasznosítású 'Rózsaszín AC' akác fajta már gyakorlati tapasztalatokat is szolgáltatott: a fajta Albertirsán létesített magtermesztő ültetvénye 5 éves korban termőre fordult, fiatalkori éves magtermése pedig elérte a 3–8 kg/ha-t (Rédei et al. 2010). 2013-ban pedig egy 30 hektáros 'TURBO' akác fajtacsoport ültetvény telepítésével az első magánkezdeményezés is megvalósult (Szabó 2014).

A tölgyek ültetvényes magtermesztésének megalapozásához részletes virágzás- és természetbiológiai vizsgálatokra volt szükség. A tölgymakk terméshozás és annak mikroklimatikus feltételei területén Mátyás Vilmos végzett úttörő megfigyeléseket erdőállományokban (Mátyás V. 1962, 1965). Oltványokon pedig elsőként Vancsura Rudolf folytatott fenológiai megfigyeléseket egy kísérleti kocsányos tölgy magtermesztő ültetvényben, a Voronyezs melletti Sipov erdő kutatóállomásán, az akkori Szovjetunióban (Vancsura 1972). 50 db 2-7 éves oltvány 1965-ben végzett vizsgálata során megállapította, hogy minden 3 évesnél idősebb oltvány hozott virágzatokat, de porzós virágzatok csak két egyedben fejlődtek. Megfigyelései szerint ugyanakkor a sztyeppei tölgyesekben, bár ott is nagyon kis arányban, de vannak évről-évre nagy mennyiségű porzós virágzatot fejlesztő egyedek. Saját megfigyelései és részleges irodalmi adatok alapján viszont igazoltnak látta, hogy a *Robur* szekcióban az oltványok visszafiatalodása erőteljes, jelentősen kitolva az oltványok termőre fordulásának idejét. Az oltványok visszafiatalodását az oltást követő vízháztartási zavarok okozta erőteljes hosszúhajtás-képzésben látta. Összességében, értékes megfigyelései megerősítették a virágzásbiológiai kutatások fontosságát. Érdekes módon, a virágzásbiológia kapcsán általában említés nélkül maradt a virág- és terméskárosító rovarvilág fontos szerepe (Mátyás V. 1965), holott sikeres védekezési kísérletek kiemelték ennek nagy jelentőségét (Fodor 1981).

Részletes lomb- és virágfenológiai, valamint termésképzési vizsgálatokat végzett Tóth Gyula az 1974-ben Gödöllőn létesített, 0,5 hektáros kísérleti kocsányos tölgy magtermesztő ültetvényben (Tóth 1986). Megállapította, hogy a két különböző fakadási idejű magtermelő

állományból származó oltványok rügyfakadási ideje jelentősen, mintegy egy hónappal eltér egymástól, míg a virágzási időben tapasztalt eltérések ennél jóval kisebbek (~10 nap). A korán fakadó klónok levélzet és virágzat fejlődése mintegy kétszer hosszabb időt vesz igénybe, mint a későn fakadók esetében (40, illetve 20 nap), így a korán fakadó klónok fejlődő virágzatát nagyobb eséllyel érheti káresemény. Megfigyelte továbbá, hogy mindkét származás esetében voltak olyan klónok, melyek rendszeresen és bőven virágoztak. Tóth az azonos klónok esetében tapasztalt eltérő virágzási és fakadási időt alanyhatással magyarázta. Megfigyelései alapján fontosnak tartotta a plantázs telepítést megelőző törzsfajta és oltványklón megfigyeléseket, valamint a bőven virágzó és termő klónok kiválasztását is. Tapasztalatai megerősíteték Bánó István korábban erdefenyőn tett megfigyeléseit¹¹.

A magtermesztő ültetvények kapcsán felmerülő fontos szakmai kérdés a magtermés genetikai változatossága, végső soron az abból fakadó alkalmazkodóképesség mértéke. Borovics és munkatársai 56 anyafán, valamint az ültetvényből gyűjtött magból nevelt 437 csemetén 11 enzimrendszer és 4 mikroszatellit marker felhasználásával csökkent heterozigóciát mutattak ki a bogdásai plantázst vizsgálva (Borovics et al. 2012). Emellett adataik a környező kocsányos tölgy állományokból származó idegen pollen hatásra (kontaminációra) is utaltak. Ugyancsak magas idegen pollen hatást mutatott ki Bordács a szlávón tölgy ültetvényben, aki a 48 anyaklón és azok 217 utódát elemezte 4 SSR markerrel (Bordács 2008). A vizsgálati adatok ugyanakkor rámutattak arra, hogy a nemesítési célok elérése érdekében végzett szelekciós munka genetikai diverzitásvesztéssel jár, melyet az idegen pollen befolyása nem képes ellensúlyozni. Ezek az eredmények is aláhúzzák a magtermesztő ültetvényekben zajló genetikai folyamatok elemzésének szükségességét.

A hazai lombosfa magtermesztő ültetvényekkel kapcsolatos kutatások és gyakorlati eredmények szerény mértéke felhívja a figyelmet a téma komolyabb, többretű kutatásának szükségességére, ami egyben segíthet a szaporítóanyag termelés módjának a hazai erdőművelésbe történő előrelátó beillesztésében.

Irodalom

- Barna T. 1996a: A madárcseresznye (*Cerasus avium* L.) csemetenevelése Magyarországon. Erdészeti Lapok 131(6): 187–189.
- Barna T. 1996b: Gene conservation and silviculture of broadleaved mixture species in Hungary. In: Turok J., Eriksson G., Kleinschmit J. és Canger S.: Noble Hardwoods Network. EUFOR-GEN Report of the first meeting, 24–27 March 1996, Escherode, Germany 64–67.
- Bartha D. 1993: Fehér nyár szaporítóanyag-gazdálkodásunk időszerű kérdései. Erdészeti Lapok 128(7): 214–215.
- Bodor L. és Molnár T. 1997: Tölgymakk-termő ültetvények a Mecseki Erdészeti Rt. Sellyei és Szigetvári Erdészeténél. Erdészeti Lapok, 132(3): 74–76.
- Bordács S. 2008: Szülő-utód leszármazási vizsgálatok eredményei. Kutatási zárójelentés. OTKA-46940. http://real.mtak.hu/1637/1/46940_ZJ1.pdf

¹¹Részletek a Fenyők nemesítése fejezetben.

- Borovics A., Somogyi Z. és Mátyás Cs. 1997: Conservation of genetic resources of white oaks and beech in Hungary. In: Turok J., Kremer A. és de Vries S. szerk.: First EUFORGEN meeting on social broadleaves. EUFORGEN 23–25 October 1997, Bordeaux, France 20–28. o.
- Borovics A., Cseke K. és Molnár T. 2012: Genetic Consequences of Utilization Artificial Populations in Forestry. Proceedings: Seed Orchards and Breeding Theory Conference, 21–25 May 2012, Antalya, Turkey 67–71.
- Fodor S. 1981: Makktermés védelmét szolgáló helikopterés védekezés eredményei Somogyban. Kutatási jelentés, Fenyő Célprogram, Sárvár, 15 o.
- Gergác J. 1998: Állományalkotó fajok nemesítésének eredményei, aktuális teendők. Erdészeti Kutatások 88(1): 81–87.
- Keresztesi B. 1987: Erdészeti nemesítési koncepció az 1987–2000 időszakra. Az Erdő 36(10): 464–469.
- Kézdy P. és Bordács S. 1998: Az olasz tölgy (*Quercus virgiliana* Ten.) ökológiai szerepe és jelentősége a magyar erdőgazdálkodásban. Erdészeti Lapok 133(1): 15–17.
- Kopecky F. 1966: Poplar seed orchards. In: Szőnyi L. (szerk.): Meeting of IUFRO Section 22 members to Hungary. Vol. I. Work Papers. Budapest, 7–10. o.
- Marjai Z. 1963: Maggazdálkodásunk korszerűsítése. Az Erdő 12(9): 410–417.
- Marjai Z. 1966: Plan of the large scale seed orchard in the state forest enterprise at Gödöllő. In: Meeting of IUFRO Section 22 members in Hungary. Budapest, 1: 20–21.
- Mátyás V. 1962: Tölgyeink virágzás- és terméshiológiája, mint a magtermés fokozásának alapja. Erdészeti Kutatások 58(1–2): 3–53
- Mátyás V. 1965: Ökológiai megjegyzések a tölgy és bükk termésének időszakosságához. Erdészeti Kutatások 61(1–3): 99–121
- Rédei K., Bárány G., Treczker K. és Veperdi G. 2008: Az akáctermesztés fejlesztésének biológiai alapjai, különös tekintettel a száraz termőhelyekre. Kutatási zárójelentés. OTKA-43321. http://real.mtak.hu/1015/1/43321_ZJ1.pdf
- Rédei K., Keserű Zs., Osváth-Bujtás Z. és Malvóti M.E. 2010: Generative propagation of *Robinia × ambigua* POIR. – Pink locust. International Journal of Horticultural Science 16(5): 41–42.
- Retkes J. 1968: Magplantázatok (Magtermesztő ültetvények). In: Nemky E. szerk.: Erdészeti Növénynevelés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 220–228 o.
- Szabó G. 2014: 'TURBO' akác magtermesztő ültetvény – 30 év akácnevelési eredménye 30 hektárba sűrítve. Erdészeti Lapok 149(3): 79–81.
- Tóth Gy. 1986: Megfigyelések a gödöllői kocsányos tölgy plantáztsban. Erdészeti Kutatások 78(1): 59–64.
- Vancsura R. 1972: A tölgynevelés és a nevelített szaporítóanyag-termesztés helyzete; a magplantázatok virágzásbiológiai problémái. Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei 5(1–2): 35–48

Genetikai kutatások az erdészeti nemesítés szolgálatában

Cseke Klára, Benke Attila és Mátyás Csaba

Az erdészeti genetika területén végzett első kutatások a *kvantitatív genetika* módszereit alkalmazták. Az állattenyésztésben használatos utódvizsgálat („tenyészértékbecslés”) módszerének átültetését az erdészeti nemesítés gyakorlatába Retkes József kezdeményezte elsőként erdeifenyő klónok genetikai értékelése során (Bánó és Retkes 1963; Mátyás 1973). A jórészt szabad beporzású (féltestvér) utódnemzedékekkel végzett kísérletek igazolták a magassági növekedés örökletes változatosságát. A magonc eredetű utódok teljesítményének mérése alapján az anyaklónok genetikai alapon szelektálhatóvá váltak. Az Acsád-Cikota-i erdeifenyő magtermesztő ültetvényben így állították elő a 'Cikota-2' nevű fajtát, úgynevezett „genetikai gyérítés” útján (Mátyás 1975). Ellenőrzött keresztezések során kimutatták továbbá a magassági növekedés öröklődésének additív (összeadódó) jellegét, valamint azt is, hogy az önbeporzás fenyők esetében jelentős növedékvesztéset idéz elő. A különböző tulajdonságokat egybevetve fontos eredmény, hogy a magassági növekedés és a térfogatsúly örökölhetősége leghatározottabb, az átmérő és fenológiáé csekélyebb; vagyis a magassági növekedés, mint minősítő jellemző előtérbe helyezése az erdőbecslésben genetikai alapon is alátámasztható (Mátyás 1974, 2002).

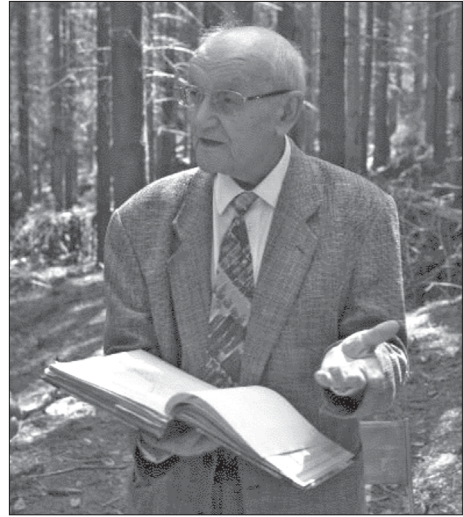
A származási kísérletek kvantitatív szempontú populációgenetikai értékelése mutatta ki azt, hogy egy adott termőhelyhez való genetikai alkalmazkodás a kísérletekben „adaptációs késést” mutat, vagyis rendszeresen elmarad a mért maximumtól (Mátyás 1990, 2004). Ez a jelenség az „öshonos származás” jelentőségére vet árnyékot. Szintén nemzetközi származási kísérletek elemzésével született az az eredmény, hogy különböző fafajok esetében jelentős eltérések vannak a genetikai alkalmazkodóképesség tekintetében (Sáenz-Romero et al. 2019). A kutatás két fenyőfajt (luc- és erdeifenyőt) vetett egybe két lombos fafaj, a kocsánytalan tölgy és a bükk adatsoraival, amely alapján kimutatható volt, hogy a lombos fafajok az egyes populációk (faállományok) szintjén szélesebb termőhelyi toleranciával rendelkeznek, mint a fenyők.

A hazai erdészeti nemesítési kutatások ugyanakkor nem nélkülözték sokáig a modern, molekuláris genetikai ismereteket sem, fontosságukat a kor tudományos színvonalához mérten időben felismerték (Ujváriné Jármay 1988). A molekuláris genetikai ismeretek bővülésével megjelenő új markerezési eljárások szinte mindegyike alkalmazásra került hazánkban, a módszerek felbontási képességétől, valamint a vizsgált fajokkal kapcsolatos kutatási feladatoktól függően más-más cézzal. Legyen szó bármilyen markerezési technikáról, egy általános megfigyelés mindenképp előre bocsátható: az erdei fafajok molekuláris genetikai változatossága az élővilágon belül kiemelkedően magas. Ez visszavezethető arra, hogy a helyhez kötött életforma hosszú, akár évszázadokon átívelő életciklussal párosul. Az állományalkotó fafajok nagy populációnkénti egyedszáma, illetve az egyedek közötti nagyfokú változatosság hozzájárul a fás növények kimagasló diverzitásához.

Az első biokémiai markerekkel a DNS át-
irataiként létrejött enzim-fehérjék változatos-
ságát vizsgálták, és eme változatosság alapján
alkottak képet a genetikai diverzitásról. Ezek
a markerek az izoenzimek, és jellegzetességük,
hogy egy-egy struktúrgén különböző allélvari-
ánsaiból (esetleg különböző struktúrgénekből)
jöhetnek létre, más-más szerkezeti formációt
felvéve, ugyanakkor megtartva az eredeti katali-
tikus funkciót (H. Nagy 1999). Ezek a vizsgá-
latok elsősorban a különböző fafajokban rejlő
genetikai diverzitás felmérésére fókuszáltak
(Major 1998; Mátyás 1999). Az izoenzimekkel
végzett elemzések igazolták, hogy a fás popu-
lációk közötti, allélszintű változatosságot a termő-
helyi (elsősorban klimatikus) különbségek
tartják fenn, akár meglepően csekély földrajzi
távolságon belül is, pl. tölgyeknél (Borovics és
Mátyás 2013). Ennek ellenére a genetikai di-
verzitás döntő része a populációkon belül je-
lentkezik, melynek oka a szaporodásbiológiai
sajátosságokban és a hatékony génáramlásban

keresendő (Mátyás 1983, 2002). Szintén izoenzimekkel végzett vizsgálatok kimutatták a faji határokat átlépő kereszteződésekkel adódó génáramlás (introgresszió) nyomait is tölgyeknél (Kanalas et al. 2009; Cseke et al. 2011a). A különböző tölgy állományok esetében az említett introgressziós jelenség különösen érdekes lehet a környezeti hatásokkal szembeni ellenállóképesség kialakításában, illetve a stressz-tolerancia fenntartásában is. Ugyanakkor, a szélsőséges termőhelyeken észlelt genetikai elszegényedés a határtermőhelyek fokozódó veszélyeztetettségére hívja fel a figyelmet (Borovics et al. 2013). A virágzásbiológiai megfigyelésekhez társított izoenzim elemzések pedig összefüggést jelezhetnek egyes allélvariánsok és az eltérő virágzási idejű csoportok között, mint például a Síkfőkút projekt cseres-kocsánytalan tölgyes monitoring területén végzett kutatás esetében (Kanalas et al. 2008).

Az igazi áttörést a molekuláris genetikai markerezésben a 80-as években kifejlesztett PCR technológia (*Polymerase Chain Reaction* – polimeráz láncreakció) hozta el, amelylyel a DNS makromolekula egyes kiemelt szakaszai enzimatis úton (a polimeráz enzim segítségével) felszaporíthatóvá váltak, további összehasonlító elemzések elvégzésére. Ezen elemzések lényege legtöbbször a PCR-rel felszaporított (*amplifikált*) DNS fragmentumok méret szerinti szeparációja, amelyhez az alkalmazott technika az *elektroforézis* elvén alapul. A korai PCR technikák közé tartozik a genom véletlenszerű DNS szakaszait felszaporító RAPD módszer (*Random Amplified Polymorphic DNA*). A hazai köztermesztésben lévő 19 nemesnyár fajta genetikai azonosítását és genetikai távolságának meghatározását elsőként ezzel a technikával végezték el Törjék és munkatársai (Törjék et al. 2000). Az általuk vizs-



Szőnyi László, a hazai erdészeti nemesítés egykori nagykövete, az „évszázad kísérletének” tartott nyírjesi IUFRO lucfenyő származási kísérlet törzskönyvét tartja kezében, a kísérletben tett utolsó látogatásán, 2017-ben (Fotó: Csóka Gy.)

gált 40 véletlenszerű szekvencia motívum közül 35 bizonyult polimorfoknak, ebből 19 mutatott faj- vagy fajtaspecifikus mintázatot. Az alkalmazott RAPD módszer alkalmas volt az egyes genotípusok (klónok) egyedi azonosítására, sőt a különböző származási csoportok is jól elkülöníthetők voltak a genetikai távolság számítása alapján. A RAPD technika fő hátránya ugyanakkor a bonyolult elemezhetőségéből adódott. A különböző hosszúságú fragmentumokat összehasonlító, úgynevezett futtatási képek lekódolása sokszor nem volt egyértelmű, ezáltal romlott a módszer ismételtetésége. A módszer igen bonyolult statisztikai elemzéseket is igényel, mindezen okok miatt ma már ritkán alkalmazzák.

A DNS-alapú markerezési módszerek egy másik ágát képviselték a DNS hasítását végző enzimekkel, ún. restrikciós endonukleázokkal történő emésztés során nyert különböző hosszúságú fragmentumok elemzése. A módszer RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphism* – restrikciós fragmenthossz polimorfizmus) néven ismert, kifejlesztése jóval megelőzte a PCR technikákat, de számos előnye ellenére, elsősorban bonyolult és költséges kivitelezhetősége okán a PCR-en alapuló markerezési eljárások háttérbe szorították. A két módszer azonban ötvözhető, és az így létrejött, úgynevezett PCR-RFLP technikát a 2000-es évek elejéig elterjedten használták az erdészeti kutatásban is, elsősorban a kloroplasztisz DNS-ben rejlő változatosság feltárására. A plasztisz genom sajátossága, hogy a zárwatermőknél kizárólag anyai úton öröklődik (a nyitwatermők többségénél pedig épp fordítva, apai úton), így a módszerrel a nagy elterjedésű fajok földrajzi-genetikai mintázata mellett, filogeográfiai és vándorlási eredete is feltárható. Bordács et al. (2002) Közép- és Délkelet-Európa tölgy állományait vizsgálták a módszer alkalmazásával, egy kiterjedt európai léptékű kutatáshoz csatlakozva (Petit et al. 2002). Kutatásukban összesen nyolc országra kiterjedően, 222 populációt mintáztak, kocsánytalan, kocsányos, molyhos és magyar tölgy fajokat együttesen. A vizsgálatok során összesen 12 kloroplasztisz haplotípust mutattak ki a régióban, melyek három leszármazási vonalhoz tartoztak. A hazai tölgypopulációk haplotípus mintázata alapján az is kirajzolódott, hogy a Kárpát-medencét a vizsgált tölgyfajok számos rekolonizációs útvonalon keresztül, több nagy refúgiális területről népesítették vissza az utolsó jégkorszakot követően. Bár jóval kisebb földrajzi léptékben, de hasonló vizsgálattal tárták fel Benke et al. (2011) kutatásukban a hazai *Leuce* nyárok dunántúli populációinak földrajzi-genetikai struktúráját és a fajok származási viszonyait.

A 2000-es években ugyanakkor egy új módszer jelent meg a molekuláris genetika eszköztárában, amely mára elterjedt és rutinszerűen alkalmazott. A kapilláris gélelektroforézis elvén működő genetikai analizátorok megjelenése és egyre szélesebb körben elérhetővé válása nyitotta meg az utat a mikroszatellit, vagy más néven SSR (*Short Sequence Repeats*) markereknek. A mikroszatellitek rövid, 2–5 nukleotidból álló szekvencia motívumok láncolatai, tandem ismétlődései. Jellegzetességük a hosszúságukban megfigyelhető nagyfokú polimorfizmus, ami az ismétlődések számának különböző változataiból adódik. Funkciójuk nem ismert, de a genomban nagy számban előfordulnak és általában a közeli rokonságot mutató fajok körében (pl. nemzetségen belül) egyedi sajátossággal rendelkeznek, specifikusak. Ebből következően e markertípus a közeli rokonságba tartozó fajok esetében a származástani és taxonómiai célú vizsgálatok egyik fő eszközévé vált. A módszer további előnye, hogy mind az apai mind az anyai allélvariáns megkülönböztethető, így alkalmas a hibri-



A IUFRO Genetika és Nemesítés Osztálya (Section 22) 1966-os konferenciája Sopronban a magyar nemesítők nemzetközi bemutatkozása volt. A résztvevők csoportjában a bal szélen Tompa Károly (1. sor), Bánó István (2. sor) és Kopecky Ferenc (3. sor), mellette Gergácz József (balról 3.), és Babos Imre (balról 10.). A jobb szélen Jérôme René OEF főmérnök és Mátyás Vilmos (1. sor), Tuskó László (2. sor), Harkai Lajos (3. sor). Az első sorban áll Keresztesi Béla ERTI főigazgató (balról 4.), Retkes József (5.), Max Hagman, a IUFRO szekció alelnöke (7.) és Szőnyi László (8.). Az akkori időkre jellemzően a konferenciát végig elkísérte az ERTI személyzeti vezetője, Bajdó Erzsébet (jobb szélen, ülve) (ERTI archívum)

dizáció vagy az introgresszió kimutatására, de a génáramlás nyomon követésére is. Az első ilyen jellegű elemzésre hazánkban egy elegyes tölgyállomány finomléptékű vizsgálatában került sor több hazai tölgyfajunk bevonásával (Cseke et al. 2011a). Hazai kutatók közreműködésével, Kesić et al. (2021) 12 mikroszatellit markert alkalmazva vizsgálta peremi helyzetű kocsányos tölgy állományok diverzitását Szerbiában, míg Höhn et al. (2021) 12 európai, zömében hegyvidéki bükk állomány genetikai diverzitását elemezte 6 nukleáris SSR marker felhasználásával – mindkét tanulmány magas genetikai diverzitást állapított meg a vizsgált tölgy és bükk populációkban.

A mikroszatellit markerek egyik kiemelkedő sajátossága a már említett nagyfokú polimorfizmus, amelynek köszönhetően már néhány (öt-tíz) marker vizsgálatával egyedi szintű genetikai mintázatot kapunk. A módszer tehát *egyedi* azonosításra, úgynevezett genetikai ujjlenyomat létrehozására alkalmas. Ennek megfelelően, kiváló eszköznek bizonyult értékes genotípusok elkülönítésére, például klóngyűjtemények, nemesítési alapanyagok felülvizsgálatára és egyedi azonosítására. A SOE ERTI Genetikai Laboratóriumában folyamatosan zajlik az erdészetileg fontos, vegetatív szaporítású fafajok géngyűjteményeinek genetikai ujjlenyomat alapján történő felülvizsgálata. Ma már jelentős adatbázis áll rendelkezésre például nemesnyár genotípusok, illetve egyéb nyár fajok és hibridek, fűz klónok, továbbá akác genotípusok esetében. A leltározó jellegű munka egyik korai példája Cseke et al. (2011b) által végzett nyár klónazonosítás. A mikroszatellit módszer egyértelműen bizonyította a korábbi technikákhoz képest az egyszerűbb, gyorsabb és pontosabb kivitelezhetőséget. Nagy felbontóképességének köszönhetően e markertípus az illegális fakitermelésekkel kapcsolatos erdészeti igazságügyi szakértői munka eszköztárában is megjelent (Borovics és Cseke 2012).

Az NGS vagyis az új generációs szekvenálási módszerek (*Next-Generation Sequencing*) képviselik a legújabb technikákat, alkalmazásukkal a teljes genom átfésülhető olyan pontmutációk (SNP – *single nucleotide polymorphism*) keresésére, amelyek ezután sokféle szempont szerint társíthatók például különböző adaptív tulajdonságokkal, fenotípusos bélyegekkel vagy akár az adott populációra ható termőhelyi vagy klimatikus paraméterekkel. A ma már rendelkezésre álló növényi genom adatbázisokkal összevetve pedig akár gének szintjén is azonosíthatóvá válnak az adott SNP pontok, rávilágítva az adott élettani folyamatban kulcsszerepet játszó enzimfehérjékre. A RAD-seq (*Restriction-site Associated DNA Sequencing*) eljárás az egyik legkorszerűbb, és legösszetettebb eljárás, amely ötvözi a restrikciós (emésztő) enzimek általi DNS darabolást a nagy hatásfokú új generációs szekvenálással (Baird et al. 2008). A hazai erdészeti kutatásban elsőként Tóth et al. (2021) alkalmaztak ún. ddRAD-seq (*dd – double digest*, vagyis két emésztő enzim) módszert. Vizsgálatukban 18 közép- és délkelet európai kocsánytalan tölgy populáció összesen 180 egyedet elemezték. A módszer felbontóképességét jól jellemzi, hogy az általuk összeállított adatbázis összesen 21 951 darab SNP-t tartalmaz. Ez a genetikai adatbázis a jövőben alapot biztosít a vizsgált populációk diverzitásának mélyebb szintű tanulmányozására, a környezeti tényezőkhöz való alkalmazkodás genetikai hátterének feltárására, de akár dendrokronológiai adatsorokkal történő egybevetésre is.

Irodalom

- Baird N. A., Etter P. D., Atwood T. S., Currey M. C., Shiver A. L., Lewis Z. A., Selker E. U., Cresko W. A. és Johnson E. A. 2008: Rapid SNP Discovery and Genetic Mapping Using Sequenced RAD Markers. *PLoS ONE* 3(10): e3376.
- Bánó I. és Retkes J. 1963: A fenyőnemesítés és a plantázsgazdálkodás célkitűzései, módszerei. *Az Erdő* 12(4): 158–163.
- Bordács S., Popescu F., Slade D., Csaikl U. M., Lesur I., Borovics A., Kézdy P., König A. O., Gömöry D., Brewer S., Burg K. és Petit, R. J. 2002: Chloroplast DNA variation of white oaks in northern Balkans and in the Carpathian Basin. *Forest Ecology and Management* 156: 197–209.
- Borovics A. és Cseke K. 2012: Bűnügyi helyszínelők az erdőben. *Erdészeti Lapok* 147(12): 370–371.
- Borovics A. és Mátyás Cs. 2013: Decline of genetic diversity of sessile oak at the retracting (xeric) limits. *Annals of Forest Sciences* 70(8): 835–844.
- Borovics A., Nagy L., Cseke K., Bordács S. és Mátyás Cs. 2013: Genetikai monitoring: az evolúciós változások finom léptékű ellenőrzése. In: Faragó S. (szerk.) 2013: *Monitoring az erdészetben és vadgazdálkodásban*. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 53–60. o.
- Cseke K., Bordács S. és Borovics A. 2011a: Egy elegyes tölgyes taxonómiai és genetikai szerkezetének elemzése. *Erdészettudományi Közlemények* 1(1): 95–105.
- Cseke K., Benke A. és Borovics A. 2011b: Nyár genotípusok azonosítása DNS ujjlenyomatuk alapján. *Erdészettudományi Közlemények* 1(1): 107–114.
- H. Nagy A. 1999: Az izoenzimek fogalma, keletkezése, genetikája. In: Hajósné Novák M. (szerk.): *Genetikai variabilitás a növénynemesítésben*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 25–32. o.
- Hajósné Novák M. 1999: A PCR technikán alapuló módszerek. In: Hajósné Novák M. (szerk.): *Genetikai variabilitás a növénynemesítésben*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 39–59. o.
- Höhn M., Major E., Avdagić A., Bielač K., Bosela M., ... Cseke K., Kovács Zs., Palla B., Ladányi M. és Heinze B. 2021: Local characteristics of the standing genetic diversity of European beech with high within-region differentiation at the eastern part of the range. *Canadian Journal of Forest Research* 51(12): 1791–1798.
- Kanalas P., Szöllősi E., Oláh V., Borovics A. és Mészáros I. 2008: Small-scale variability in phenological, leaf morphological properties and isoenzyme pattern of sessile oak complex (*Lepidobalanus* sub-genus) in a sessile oak-Turkey oak forest stand. *Acta Biologica Szegediensis* 52(1): 221–223.
- Kanalas P., Borovics A., Cseke K., Szöllősi E., Oláh V., Fenyvesi A. és Mészáros I. 2009: Taxonómiai, populációgenetikai és fenológiai vizsgálatok egy síkfőkúti erdő nemes tölgyei körében. *Természetvédelmi Közlemények* 15: 338–346.
- Kesici L., Cseke K., Orlović S., Stojanović D. B., Kostić S., Benke A., Borovics A., Stojnić S. és Avramidou E. V. 2021: Genetic Diversity and Differentiation of Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) Populations at the Southern Margin of Its Distribution Range—Implications for Conservation. *Diversity* 13(8): 371.
- Major A., Malvóti E. és Cannata F. 1998: Comparison of isozyme and RAPD variability of black locust clones selected for silvicultural objectives. *Journal of Genetics and Breeding* 52: 49–62.
- Mátyás Cs. 1973: Erdeifenyő utódpopulációk kvantitatív genetikai vizsgálata. *Erdészeti Kutatások* 69(1): 115–124.

- Mátyás Cs. 1974: Az örökölhetőség fogalma és becslése az erdészeti nemesítésben. Erdészeti Kutatások 70(1): 207–217.
- Mátyás Cs. 1975: A hazai erdeifenyő-nemesítés távlati lehetőségei az utódvizsgálatok eddigi eredményei alapján. Erdészeti Kutatások 71(1): 347–354.
- Mátyás Cs. 1983: An introduction to forest tree improvement. Erdészeti és Faipari Egyetem Jegyzetkiadó, Sopron, 175 o.
- Mátyás Cs. 1990: Adaptation lag: a general feature of natural populations. (Invited lecture) In: Proceedings of WFGA-IUFRO Symposium. Olympia, Washington, USA, Paper 2.226. 10.
- Mátyás Cs. 1999: Molekuláris markerek alkalmazása az erdészeti növények nemesítésében. In: Hajósné Novák Márta (szerk.): A genetikai variabilitás a növénynevelésben. Molekuláris diagnosztika. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 65–73. o.
- Mátyás Cs. 2002: Erdészeti-természetvédelmi genetika. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 422 o.
- Mátyás Cs. 2004: Population, conservation and ecological genetics. In: Burley J., Evans J. és Youngquist J. (szerk.): Encyclopedia of Forest Sciences. Elsevier Science Publishers, Oxford, 188–197. o.
- Petit R. J., Brewer S., Bordács S., Burg K., Cheddadi R., ...és Kremer A. 2002: Identification of refugia and post-glacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence. Forest Ecology and Management 156(1–3): 49–74.
- Sáenz-Romero C., Kremer A., Nagy L., Ujvári-Jármay É., Ducousso A., Kóczán-Horváth A., Hansen J. K. és Mátyás Cs. 2019: Common garden comparisons confirm inherited differences in sensitivity to climate change between forest tree species. Peer Journal 7(1): e6213.
- Tóth E. Gy., Köbölkuti Z. A., Cseke K., Kámpel J. D., Takács R., Tomov V. T., Ábrán P., Stojnic S., Vastag E., Mataruga M., Daničić V., Tahirukaj E., Zhelev P., Orlovic S., Benke A. és Borovics A. 2021: A genomic dataset of single-nucleotide polymorphisms generated by ddRAD tag sequencing in *Q. petraea* (Matt.) Liebl. populations from Central-Eastern Europe and Balkan Peninsula. Annals of Forest Science 78: 43.
- Törjék O., Kiss E., Kiss J., Bucherna N., Kondrák M., Gergác J. és Heszky L. 2000: Magyarországon elismert nyár klónok molekuláris jellemzése. Erdészeti Kutatások 90(1): 179–191.
- Ujváriné Jármay É. 1988: A nemesítési kutatásokról. Az Erdő 37(10): 436–440.

Evolúció-ökológiai szempontok a génkészletek védelmében és az erdőfelújításban

Mátyás Csaba és Bordács Sándor

Felkészülés a változó feltételekre a szárazsági határon

Mind a molekuláris, mind a kvantitatív genetikai elemzések megerősítik, hogy különösen a szárazsági határon, a klíma változása szignifikáns evolúciógenetikai hatásokat indukál (Mátyás et al. 2009, 2010). Kézenfekvő, hogy különösen a szárazsági határ menti övezetben a klímaváltozásra felkészülő erdőművelés adaptív stratégiája, és a természetvédelmi elvárások is az evolúció-ökológiai kutatás eredményeire kell építsenek. Ezt a nemzetközi kutatás is átvette (Fady et al. 2016; Mátyás 2021). Ugyanígy, az erdészeti genetikai, génmegőrzési és nemesítési kutatás célkitűzései is figyelembe kell vegyék a klímaváltozás és környezetváltozás hatásaiból felmerülő problémákat (Mátyás 1995, 1997, 1999; Teissier du Cros et al. 1999).

A szaporítóanyag-gazdálkodás teljes folyamata egyre nagyobb figyelmet kap az európai országokban. A klímaváltozás jelentősen módosíthatja a szaporítóanyagok felhasználásának céljait és módszereit, és ez a szemlélet meg kell jelenjen az erdőfelújítási stratégiákban és technológiákban is (Tollefsrud et al. 2020). A klímaváltozásra felkészítő erdészeti döntéstámogató rendszereknek is ezekre az elvekre kell épülnie. A klímaváltozást figyelembe vevő szaporítóanyag-választás kutatási eredményei európai projekt keretében vezérfonalként is megjelentek (Mátyás 2016).¹²

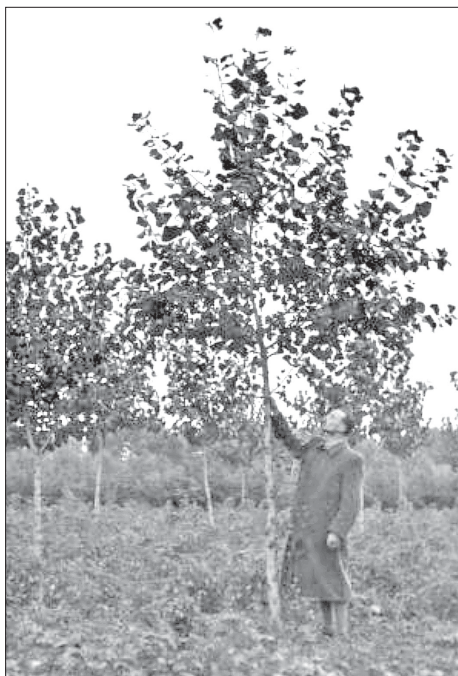
Szelektált, nemesített szaporítóanyag-felhasználás genetikai alapjai

Az ökológiai és genetikai szempontokat figyelembe vevő erdészeti szaporítóanyag-gazdálkodás alapjait már az ötvenes évek elején lerakták (Mátyás 1958). A nem klónozzható, hosszú élettartamú (akkori szóhasználattal „lassan növő”) fajok esetében a kiemelkedő fenotípust mutató állományok kiválasztása és szaporítása kínált első eredményeket. A magtermelő állományok kiválasztásának programja során közel tízezer hektárnyi állomány került kijelölésre, ennek kétharmada lombos fajokból állt. A virágzásfenológia, termésbecslés, magkezelés területét felölelő maggazdálkodási kutatások (Mátyás V. 1965) dacára, a gyakorlatban a kijelölt állományok termésének begyűjtése és hasznosítása messze elmaradt az elvárásoktól. Ennek oka a biológiai és logisztikai nehézségek mellett az állományok megfelelő kezelésének elmaradása volt; emiatt a kijelölt állományokat felül kellett vizsgálni, és összterületüket alig 3000 ha-ra csökkenteni (Mátyás V. 1968).

Emellett szükségessé vált az erdészeti szaporítóanyag-gazdálkodás közelítése az agrár növénynemesítés és fajtahasználat rendszeréhez. A szaporítóanyag-forgalmazás nemzet-

¹²Lásd még az Erdészeti génmegőrzés alfejezetben.

közi minőségbiztosításához (certifikációjához) meg kellett újítani az erdészeti szaporítóanyag-felhasználás kereteit és a hagyományos fajtahasználat tartalmát is ki kellett terjeszteni az erdészet számára. A fejlesztés az ERTI irányítása mellett, az FM Mezőgazdasági Minősítő Intézet koordinálásával zajlott (Bach és Mátyás 1999). További lépésként az erdészeti hatósági ellenőrzési, értékelési és szaporítóanyag-használati rendszert az OECD-ben elfogadottal is összhangba kellett hozni. Magyarország, első „keleti” országként, 1990-ben lépett be az OECD certifikációs rendszerébe.



*A nemesítő munka kezdetén a régebbi, nőivarú nyár fajták szabad beporzású utódait is bevonták a kedvező tulajdonságú genotípusok szelekciójába. A képen Koltay György a korai nyár (*Populus × euramericana* cv. *Marilandica*) egy 3 éves, fekete nyár jellegű magoncsemetéje mellett áll (Tolna, 1952. október; Koltay György archívum)*

A környezeti változások fényében a nemesített anyag termőhelyállóságának kérdése egyre nagyobb figyelmet kapott. A fenotípusos (termőhelyi) stabilitást a változó termőhelyi feltételekhez való alkalmazkodás jellemzőjeként fejlesztették ki, amely klónokra és populációkra egyaránt alkalmazható (Bach és Mátyás 2001). A fenotípusos stabilitás a megfelelő faj- és fajta, ill. a származás kiválasztásának egyik legfontosabb jellemzője (Mátyás 1986; Mátyás és Kramer 2016), és az erdészeti fajtavizsgálatok egyik központi elemévé vált (Bordács et al. 2018). Ezt veszi figyelembe az ún. ajánlati fajtalista is, amely a fajta – termőhely kapcsolatában mutatott relatív teljesítmény mutatókat alapul véve rangsorolja a fajtákat és ad javaslatot az erdősítéseket, fásításokat végző szakembereknek az optimális fajtahasználatra.¹³

Erdészeti génmegőrzés

A hazai erdészeti genetikai erőforrások jelentősége először általánosságban, a biológiai erőforrások védelme keretében merült fel (Mátyás 1979). Az ENSZ 1992-es riói konferenciája előkészületeként, az Európai Erdők Védelme Miniszteri Konferenciája 1990-ben feladatlistájára vette az erdészeti génkészletek megőrzését célzó nemzetközi együttműködést (Strasbourg-i és Helsinki határozatok, Mátyás 2000). Az európai erdészeti génmegőrzést és kutatást koordináló szervezet, az EUFORGEN, a Nemzetközi Növényi Genetikai Erőforrások Intézete (IPGRI, Róma) keretében alakult meg. 1995-ben, a Sopronban tartott első ülésén határoztak az együttműködés tar-

¹³Lásd még az Erdőművelés főfejezetben.

talmi kérdéseiről (Turok és Mátyás 2000). A szervezet kitűzött kutatási feladata az egyes fajok európai elterjedésének erdészeti igényű, pontosabb feltárása, a génrezervátumok európai hálózatának létrehozása és ajánlások megfogalmazása a fontosabb vagy veszélyeztetett fajok számára (Mátyás 2004a). Valamennyi fontosabb európai fajra ezek rendelkezésre állnak. Több európai szakmai útmutató és kiadvány is a hazai kutatók aktív közreműködésével készült el (Ducouso és Bordács 2004; Mátyás et al. 2005; Bordács et al. 2019a,b).

Az európai kezdeményezésekkel párhuzamosan az agrártárca kialakította a génmegőrzés jogszabályi háttérét és 1995-ben megalapította a Növényi Génbank Tanácsot (NGT, Mátyás 2000), majd ezt követően ennek 1996-ban megalakult Erdészeti Munkabizottsága dolgozta ki a hazai erdészeti génmegőrzés programját (Bach et al. 1998; Bach és Mátyás 1999).

A természetvédelem körében a biodiverzitás védelmi programok sokáig nem terjedtek ki a genetikai változatosságra. A Biodiverzitás Konvenció hágai ülésén Mátyás Csaba javaslatára a genetikai diverzitás szint kiemelt figyelembevételét határozták el (URL1 1992). Hazánkban a fajokra érvényes természetvédelmi genetikai stratégia kidolgozására az ezredforduló körül került sor (Mátyás 2004b).

Az ezredforduló tájékán az EUFORGEN kereteiben belül több, fajokcsoportokra koncentrált munkacsoport alakult, amelyek szakmai tevékenységében magyar szakemberek is aktívan résztvettek. A fekete nyár génmegőrzésében elért hazai eredmények nemzetközi összehasonlításban is kimagaslónak számítanak (Tóth Béla, Bach István), de az állományalkotó fajok (Bordács Sándor), valamint az elegyfajok (Nagy László) területén is jelentősek.

Az utóbbi évtizedben a klímaváltozás kihívásaira fókuszáló, a FAO szakmai támogatásával működő EUFORGEN szervezetben a nemzetközi stratégiai, szakpolitikai, erdőgazdálkodási és szaporítóanyag-szabályozási területek kerültek előtérbe, és az eredmények szakmai útmutatók, szak-



Mind a nemesítésbe bevont törzsfák, mind a létrehozott új klónok, elismert fajták megőrzésének legfontosabb objektuma a törzsgyűjtemény. A képen az ERTI Bajti Nemesítő Telepén létrehozott, magastörzsű anyatelepként kezelt nyár klónarchívum látható, amely egyszerre szolgálja a génmegőrzést és az ellenőrzött szaporítóanyag termesztést is (1973; ERTI archívum)

könyvek formájában láttak napvilágot, zömében magyar kutatók aktív közreműködésével (Koskela et al. 2007, 2013; Boullion et al. 2015; Rudow et al. 2020; Gömörly et al. 2021; Mátyás 2021).

A szakterület jelentőségét mutatja, hogy a FAO 2013-ra elkészítette az első átfogó, a Föld erdészeti genetikai erőforrásainak állapotáról szóló jelentését (Report about the State of World's Forest Genetic Resources). A jelentéshez készített magyar szakanyagot a Növényi Génbank Tanács Erdészeti Munkabizottsága állította össze, amelynek összefoglaló anyaga a hazai szakközönség számára is elérhető (Bordács et al. 2013). A FAO-jelentés keretében több, fontos szakterületi problémát feldolgozó tematikus tanulmány is készült, amelyben a hazai génmegőrzési eredmények is megjelentek (Bozzano et al. 2014).

Az ERTI által fenntartott, elsősorban nemesítési célokat szolgáló klónarchívumok, géngyűjtemények mellett pl. a KEFAG Zrt. Szaporítóanyag Központja, ill. a Gemenc Zrt. hoztak létre jelentős génarchívumot ritka, veszélyeztetett fajokból és klónokból. Az ezredfordulót követően a magyar génrezervátum hálózat szakmai előkészítése, majd kialakítása is elkezdődött. A folyamat a 2014-ben elindított EU-s támogatási rendszernek köszönhetően valamelyest felgyorsult, és jelenleg az állományalkotó tölgy fajokból, ill. bükkből rendelkezünk – bár nem optimális területi eloszlásban – in situ génmegőrzésre kijelölt génrezervátum tömbökkel. A támogatási lehetőségeknek is köszönhetően további tölgy taxonok ex situ génmegőrzésében is történt előrelépés, elsősorban szárazságtűrő genotípusok feltérképezése és gyűjteményes leszaporítása területén. Az őshonos és fajazonos fekete nyár genotípusok felkutatása és azok ex situ megőrzése nemzetközi szinten is sikeresnek tekinthető, főleg annak tükrében, hogy az elmúlt közel két évtizedben jelentős mennyiségű szaporítóanyagot is sikerült megtermelni és a hazai erdősítésekben felhasználni (Borovics et al. 1999; Bach et al. 2015, 2017). A hazai erdészeti génkészlet monitoringja az ERTI Nemesítési Osztályának kiemelt kutatási feladata.¹⁴

Irodalom

- Bach I., Bordács S. és Lajtos J. 2017: 125 éves a hazai növényfajta-kísérlet – Az ártéri erdők őshonos fafajainak génmegőrzése I-II. Erdészeti Lapok 152(11): 353–358., 152(12): 390–392.
- Bach I., Bordács S. és Mátyás Cs. (szerk.) 1998: Az erdei fás növények génmegőrzési alapelveinek kidolgozása, Földművelésügyi Minisztérium Növényi Génbank Tanács Erdészeti Munkabizottsága, Budapest, 97 o.
- Bach I., Frank N., Pintér B. és Bordács S. 2015: Változások az erdészeti szaporítóanyag-gazdálkodásban 1982–2014 között (Quo vadis erdészeti szaporítóanyag-termesztés?). Erdészettudományi Közlemények 5(1): 55–69.
- Bach I. és Mátyás Cs. 1999: A Növényi Génbank Tanács Erdészeti Munkabizottsága génmegőrzési programja. In: Mátyás Cs., Bach I. és Bordács S. (szerk.): Genetikailag veszélyeztetett ritka fajok génmegőrzésének gyakorlati teendői. Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet, Budapest, 8–17. o.

¹⁴Lásd még a Genetikai kutatások az erdészeti nemesítés szolgálatában című alfejezetben.

- Bach I. és Mátyás Cs. 2001: Fafaj-választás és szaporítóanyag ellátás gazdasági célú erdőtelepítésekben. In: Führer E. (szerk.): Erdészeti Fórum, 2001: az erdőtelepítés perspektívái. Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai 16: 39–56.
- Bordács S., Nagy L., Pintér B., Bach I., Borovics A., Kottek P., Szepesi A., Fekete Z., Wisnovszky K. és Mátyás Cs. 2013: Az erdészeti genetikai erőforrások állapota és szerepe a XXI. század elején Magyarországon. Erdészettudományi Közlemények 3(1): 21–37.
- Bordács S., Némethné Kisgyörgy B., Pintér B., Bagaméry G. és Bach I. 2018: Tapasztalatok a hazai és európai nemes nyár, akác és fűz fajtavizsgálatokban. Erdészeti Lapok 153(2): 42–45.
- Bordács S., Zhelev P. és Schirone B. 2019a: EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use of pubescent oak (*Quercus pubescens*). EUFORGEN, European Forest Institute 6.
- Bordács S., Zhelev P. és Schirone B. 2019b: EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Hungarian oak (*Quercus frainetto*). EUFORGEN, European Forest Institute 6.
- Borovics A., Gergác J, Bordács S., Bach I., Bagaméry G. és Gabnai E. 1999: A fekete nyár génmegőrzésben elért eredmények. Erdészeti Kutatások 89(1): 135–148.
- Bouillon P., Hubert J., Bakkebo Fjellstad K., Rusanen M., Zavri Bogataj A., Olrik D. C., Bordács S., ... és Wolter F. 2015: The implications of global, European and national policies for the conservation and use of forest genetic resources in Europe. European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), Bioersity International, Rome 54.
- Bozzano M., Jalonen R., Thomas E., Boshier D., Gallo L., Cavers S., Bordács S., Smith P. és Loo J. (szerk.) 2014: Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. A thematic study for the State of the World's Forest Genetic Resources. FAO, Rome, Italy, 281 o.
- Ducouso A. és Bordács S. 2004: EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome 6.
- Fady B., Aravanopoulos F. A., Alizoti P., Mátyás Cs., von Wühlisch G., ... és Zlatanov T. 2016: Evolution-based approach needed for the conservation and silviculture of peripheral forest tree populations. Forest Ecology and Management 375: 66–75.
- Gömöry D., Himanen K., Tollefsrud M., Uggla C., Kraigher H., Bordács S., és Bozzano M. 2020: Genetic aspects linked to production and use of forest reproductive material (FRM): Collecting scientific evidence for developing guidelines and decision support tools for effective FRM management, 216 o.
- Koskela J. A., Buck E. és Teissier du Cros R. (szerk.) 2007: Climate change and forest genetic diversity: Implications for sustainable forest management in Europe. Bioersity International, Rome, 111.
- Koskela J., Lefèvre F., Schueler S., Kraigher H., Olrik D. C., Bordács S., és Ditlevsen B. 2013: Translating conservation genetics into management: Pan-European minimum requirements for dynamic conservation units of forest tree genetic diversity. Biological Conservation 157: 39–49.
- Mátyás Cs. 1979: Erdeink géntartalékai. In: Sterbetz I. (szerk.) 1979: Biológiai környezetünk védelme. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, 79–94. o.
- Mátyás Cs. (szerk.) 1986: Nemesített erdészeti szaporítóanyag-ellátás. MTA Agrártudományok Osztályának erdészeti kismonográfia sorozata, Akadémiai Kiadó, Budapest, 135 o.
- Mátyás Cs. 1995: Forest genetics and gene conservation in the perspective of man-induced environmental changes. In: Baradat P. H., Adams W. T. és Müller Starck G. (szerk.): Population genetics and gene conservation of forest trees. SPB Academic Publishing Amsterdam, Netherlands, 341–349 o.

- Mátyás Cs. 1997: Perspectives of forest genetics and tree breeding in a changing world. IUFRO World Series Nr. 6, IUFRO, Wien, 160 o.
- Mátyás Cs. 1999: Lessons from hundred years of international research in forest genetics and breeding. In: Mátyás Cs. (szerk.) Forest genetics and sustainability. Forestry Sciences 63: 3–8.
- Mátyás Cs. (szerk.) 2000: Páneurópai kezdeményezés az erdők védelmére. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium Erdészeti Hivatal, Budapest, 86 o.
- Mátyás Cs. 2002: Erdészeti-természetvédelmi genetika. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 422 o.
- Mátyás Cs. 2004a: Selection of in situ gene conservation units (gene reserves) of conifers. In: Vancura K., Fady B., Koskela, J. és Mátyás Cs. (szerk.): Conifers Network. Report on the 2nd and 3rd Meetings, International Plant Genetic Resources Institute, Roma, 21–24. o.
- Mátyás Cs. 2004b: Veszélyeztetett fajok, populációk megőrzésének genetikai szempontjai, különös tekintettel fás növényekre. Természetvédelmi Közlemények 11: 55–66.
- Mátyás Cs. 2016: Guidelines for the choice of forest reproductive material in the face of climate change. FORGER Guidelines, Bioversity International, Rome. 8 o.
- Mátyás Cs. (szerk.) 2021: Genetic Resources and Adaptive Management of Conifers in a Changing World. Forests 12(9): 1213. 197 o.
- Mátyás Cs., Ackzell L. és Samuel C. J. A. 2005: EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation of Scots pine (*Pinus sylvestris*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 6.
- Mátyás Cs. és Kramer, K. 2016: Az erdei génkészletek szerepe a klímaváltozáshoz alkalmazkodó gazdálkodásban. Erdészettudományi Közlemények 6(1–2): 7–16.
- Mátyás Cs., Nagy L. és Ujvári-Jármay É. 2010: Genetically set response of trees to climatic change, with special regard to the xeric (retreating) limits. Forstarchiv 81(4): 130–141.
- Mátyás Cs., Vendramin G. G. és Fady B. 2009: Forests at the limit: evolutionary-genetic consequences of environmental changes at the receding (xeric) edge of distribution. Annals of Forest Sciences 66(8): 800–803.
- Mátyás V. 1958: Erdészeti Maggazdálkodás Utasítás. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 100 o.
- Mátyás V. 1965: Ökológiai megjegyzések a tölgy és a bükk termésének időszakosságához. Erdészeti Kutatások 61(1–3): 99–121.
- Mátyás V. 1968: Lombfa magtermelő állományaink revíziója és az állományok jövőbeni szerepe az erdészeti maggazdálkodásban. Erdészeti Kutatások 64(1–3): 173–191.
- Rudow A., Westergren M., Buiteveld J., Buriánek V., Cengel B., Nagy L., ... és Bozzano M. 2020: Decision support tool for the management of dynamic genetic conservation units. European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), European Forest Institute, 104.
- Teissier du Cros E., Mátyás Cs. és Kriebel H. 1999: Contribution of genetics to the sustained management of global forest resources – Conclusions and recommendations. In: Mátyás Cs. (szerk.): Forest Genetics and Sustainability. Forestry Sciences 63: 281–287.
- Tollefsrud M. M., Alizoti P., Proschowsky F., Frank A., Sperisen C. és Bordács S. 2020: Regeneration strategies – choosing forest reproductive material in the context of climate change. In: Gömöry D., Himanen K., Tollefsrud M., Ugglá C., Kraigher H., Bordács S., és Bozzano M.: Genetic aspects linked to production and use of forest reproductive material (FRM): Collecting scientific evidence for developing guidelines and decision support tools for effective FRM management, 121–126. o.
- Turok J. és Mátyás Cs. 2000: Collaboration on forest genetic resources in Europe and national implementation in Hungary. Soproni Egyetem Tudományos Közlemények 46: 25–34.
- URL1 Ministerial Declaration of the 6th Conference of the Biodiversity Convention, the Hague, 1992. <http://www.cbd.int/doc/meetings/cop/cop-06/other/cop-06-min-decl-en.pdf>

Összegzés

Az 1900-as évek első felében indult, majd az 50-es évektől lendületet vett magyarországi erdészeti nemesítés hazai és nemzetközi szinten is kiemelkedő sikereket ért el. A mindenkor nemesítő kutatók állhatatos munkájának köszönhető a nemesített szaporítóanyagot felhasználó hazai ültetvényes fatermesztés megteremtése, valamint az erdészeti genetikai erőforrások felelős használatán alapuló, alkalmazkodás-tudatos erdőgazdálkodás alapjainak letétele.

A hagyományos értelemben vett nemesítési kutatások, növekedési sajátosságaik és szaporodási rendszerük okán, a leglátványosabb eredményeket a nyárák és az akác esetében érték el. Bár a kor nemesítési irányainak megfelelően számos módszer alkalmazására sor került, az *Aigeros* szekción belüli fajhibridek előállítását célzó keresztezéses nemesítés bizonyult a legcélravezetőbbnek a nyárák fajtanemesítése terén. A hazai fajtasortiment jelentős része napjainkban is az euramerikai nyárák csoportjába tartozik, felölelve az ültetvényes fatermesztés számos típusában sikerrel alkalmazható nemesnyár monoklón fajtakat. Fontos, napjainkban egyre meghatározóbb területe a nyárnemesítésnek a változó klimatikus viszonyokat jobban elviselni képes *Leuce* nyárák, elsősorban törzsmínőség alapú szelekciója.

Az akác kutatás valamennyi korszakát végig kísérte a hazai állományokban is fellelhető árbócakác jellegű egyedek szelekciója, fajtanemesítése. Bár az árbóc jellegű egyedek gazdaságos vegetatív szaporítási módszerének hiánya miatt a jellemzően néhány klón alkotta fajtak csak korlátozott mértékben terjedtek el az országban, a jó minőségű akác ipari fa iránti kereslet okán a nemesítés célkitűzése továbbra is a kiemelkedő törzsalakú egyedek szelekciója. A téma fontosságát jól mutatják a tulajdonság genetikai hátterének kutatására tett erőfeszítések is. További fontos, napjainkban is meghatározó kutatási iránya az akác nemesítésnek a fiatalkori intenzív növekedési erély minél magasabb szintű kiaknázása, valamint az eltérő virágzási idejű akáclónok szelekciója.

Az üzemi szinten gazdaságosan kivitelezhetetlen vegetatív szaporítás miatt a fenyők nemesítése kezdetektől fogva más utakat követett, mint a nyárák és az akác esetében. A fenyő nemesítés fontos állomásai voltak a Magyarországon termesztési múlttal rendelkező fajok (elsősorban az erdeifenyő) törzsfaszelekciója, valamint e nagy értéket képviselő egyedekre alapozott magtermesztési rendszerének kidolgozása, az idegenhonos fenyőfajok honosítása, valamint az egyes fajok különböző hazai és európai populációira alapozott származási kísérletek. Utóbbi kísérletsorozatok a legjobb fenotípusos tulajdonságokat mutató származások kiválasztása mellett lehetőséget biztosítottak az egyes populációk klimatikus toleranciájának vizsgálatára is. A származási kísérletekben végzett vizsgálatok kimutatták továbbá az egyes klimatikus tényezők hatásának eltérését az adott faj elterjedési területén belül. Bár rész sikereket (főként a duglászfenyő esetében) könyvelhettek el a kutatók, az egzóta fenyők honosítására tett erőfeszítések jellemzően nem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket. A magtermesztő ültetvényekkel kapcsolatos kutatások terén az oltványklónok magtermesztési értékre való szelekciója számít nemzetközi megítélésben is újdonságnak. Bár a fenyő termesztés hazai visszaszorulása tovább folytatódik, a származási kísérletek tudományos szerepe új értelmezést nyert. E kísérletek ugyanis alkalmasak a klímaváltozás hatásmodel-



A nemesítőnek és a gazdálkodónak is fontos a több évtizedes nemesítési folyamatban előállított nyár fajták fajtaazonosságának megőrzése. Az ERTI törzsültetvényéből kikerülő, üzemi ültetvények telepítésére szánt, ellenőrzött (elit) szaporítóanyag a fajtatiszta továbbszaporítás záloga. A szabványos dugványköteget Bánó Ferenc erdésztechnikus mutatja be; jobbról Keresztesi Béla, háttal Palotás Ferenc igazgató látható (Bajti Nemesítő Telep, 1977; ERTI archívum)

nak biodiverzitási tényezőként való elismertetésétől kezdődően az egyes fajok génmegőrzési stratégiájának kidolgozásán át a génmegőrzést szolgáló gyűjtemények és rezervátumok létrehozásáig.

lezésére, ami nemzetközi kitekintésben is komoly érdeklődésre tart számot.

Az erdészeti nemesítést támogató molekuláris genetikai vizsgálatok rendre követték a nemzetközi trendeket, mind az alkalmazott vizsgálati módszerek, mind a kutatási témák terén. Utóbbiak közül kiemelendők az erdőállományok genetikai diverzitásával kapcsolatos, valamint a környezeti tényezőkhöz való alkalmazkodás genetikai hátterének feltárását megalapozó kutatási eredmények.

Az erdőállományok változó környezeti feltételekhez való alkalmazkodásának letéteményese a genetikai változatosság. Megőrzésére jelentős nemesítési-kutatási, esetenként szakdiplomáciai erőfeszítések történtek, an-

Forest genetics and breeding

Favoured by land ownership reforms in Hungary after 1945, the focus of forest policy turned toward large-scale afforestation and the cultivation of fast-growing tree species. On that basis forest tree breeding programs started and gained momentum in the 1950s, focusing primarily on poplars, black locust and conifers.

Supported through wide-scale international cooperation, significant results were achieved with poplars, first of all in breeding of intrasectional (Euramerican) poplar hybrids in the *Aigeros* section, which have proven their superiority under domes-

tic site conditions. In recent decades, increasing climate aridity, as well as growing concern for environmental issues have drawn the attention also to the importance of conservation and breeding of native *Leuce* poplars.

Black locust has become the tree species with the largest distribution in Hungary. Starting from the middle of the last century, the main breeding objective has been the improvement of the stem form, i.e. clonal selection and propagation of individuals with straight trunks (so-called shipmast locusts). The progress in this field has raised international interest. Remarkable results have been achieved also in mass selection at juvenile age of fast growing genotypes for plantation use. An additional breeding aim is the selection of early or late flowering clones, to prolong the flowering season.

Breeding of conifers (mainly Scots pine and Norway spruce) focused to improve the quality and resilience of domestic stands. Great efforts were invested in large-scale provenance tests and in the development of seed orchards. Regardless of partial successes in breeding, research could not fulfil the high hopes placed on native and non-indigenous conifers. The aridification of sites and growing damages by antagonist organisms halted the cultivation of conifers in Hungary, however research results have found applications in other species and in other countries. The invention of response modelling provenance test data using ecological distance has gained widespread application to project impacts of future climate change. However, a method of similar originality, selection of seed orchard clones based on seed growing value, escaped international attention.

Following international trends, molecular genetic investigations have dealt *inter alia* with the molecular genetic identification of forest tree cultivars, with the detection of infraspecific genetic diversity patterns, evolutionary ecology of forest tree populations and with the tracing of genetic regulation of adaptation to stress factors. The recognition of genetic diversity as a special level of biodiversity was the first step towards the preservation of forest genetic resources and the elaboration of gene conservation strategies. Hungarian forest genetic research and extension work participated significantly in the setting up a European system of conservation of forest genetic resources within the framework of EUFORGEN.

ERDŐMŰVELÉS

Frank Norbert, Bach István, Bordács Sándor, Mátyás Csaba,
Csépanyi Péter és Kollár Tamás

Erdészeti táj, mint a táji erdőművelés alapja

Führer Ernő, Frank Norbert, Bidló András és Mátyás Csaba

A 2. világháborút megelőzően az erdők nagy többsége magántulajdonban állt, így az erdőgazdálkodás módja zömében egyéni érdekek mentén alakult. Egységes erdőgazdálkodási célkitűzések és irányelvek, ill. azok betartatása szinte szóba sem jöhetett, a legfőbb gazdasági célkitűzés a tűzifatermelés és a vadászat, kisebb részben pedig a mezőgazdasági szerfatermelés volt. A háborút követő államosítás, erdőtelepítés és a fatermelés folyamatosságának helyreállítása megkövetelte az erdőművelés korszerűsítését, melynek alapjául egyrészt az erdő- és termőhelytipológia általános ismereteinek, másrészt pedig a különleges termőhelyekre (kopárok, árterek, szikesek stb.), azaz a tájakra jellemző specifikus ismeretek gyakorlati alkalmazása szolgált. Az 1949–1958 időszakban megjelent erdőművelési vonatkozású utasítások általános fogalmakat, alapelveket, ajánlásokat tartalmaztak.

Az 1954-ben megjelent Magyarország táji erdőművelésének alapjai (Babos 1954) jelentős változást hozott az addigi gyakorlattal szemben, melyet Kreybig Lajos a mű előszavában az alábbiakban fogalmazott meg: *„A munka a magyar erdészeti szakirodalom újszerű alkotása. Utat mutat és lehetővé teszi, hogy az erdőművelés eddigi – differenciálást nélkülöző – országosan egységes irányelveit a valósághoz jobban alkalmazkodó, az erdőgazdasági tájakon alapuló irányelvekkel cserélhessük fel.”* Az erdők tájlehatárolása azt a célt szolgálta, hogy *„a természeti viszonyok tájanként összeegyeztethető tényezői – a domborzat, talaj, éghajlat, stb. – szerint tervezzük a csemetetermelést, válasszuk meg az ültetésre kerülő fajtákat és az agrotechnikát.”* A könyv erdőgazdasági tájakat leíró része ismerteti az éghajlati jellemzőket, a genetikai talajtípusok rendszerére épült talajleírást, az agrotechnikát, a fafajok távlati területarányát, a kialakítandó állománytípusok megválasztását, a természetes felújítást és a vágásérettségi korokat. Továbbá, hangsúlyozza a szerző, hogy *„A tájkon belül a döntés, a helyes módszer megválasztása a helyszínen tervező erdőművelő feladata.”*

Babos a tájhatárok kialakításánál figyelembe vette Szánthó (1949) éghajlatjósági görbéit, melyek a csapadék és a hőmérséklet alakulásának viszonzyszámai alapján az egyenlő éghajlatjósággal rendelkező helyeket köti össze. Segítségül szolgáltak még Kreybig (1953) és Stefanovits (1956) talaj-tájegységei, és szerepet kapott az ország domborzati tagoltsága (hegy- és dombvidékek elkülönítése) is. Az elkülönítés alapja mindezek mellett az őshonos, klímaérzékeny, erdei növénytársulásokba tömörülő fafajok területi elhelyezkedése volt. E feltételekkel kialakított 50 erdőgazdasági tájat a hasonló fatermesztési feladatok alapján 3 nagy fatermesztési tájcsoportha (hegyvidéki, dombvidéki és síkvidéki) és ezen belül 12 kisebb fatermesztési tájcsoportha sorolták.

1963-ban az ágazat irányítói (Országos Erdészeti Főigazgatóság) a csoportosítás más útját választották, építve Babos tájbeosztására is. Danszky és munkatársai (1963) az ország erdőterületét az egységesített éghajlat, domborzat és hasonló természeti adottságok alapján 6 erdőgazdasági tájcsoportha sorolták. Ők már figyelembe vették Bacsó (1959) éghajlati körzetbeosztását, amikkel Bulla (1962) *természeti tájai* és Soó (1962) *florisztikai beosztása* többé-kevésbé megegyeznek. Ezt követően a tájbeosztás felülvizsgálatánál már nemcsak Szánthó éghajlatjósági görbéire, hanem Borhidi (1961) klímazonális felosztására is támaszkodtak. Ez utóbbi már a legfontosabb fajajok területére (areájára) is ad iránymutatást, amit Járó (1962) üzemtervi adatok feldolgozásával pontosított. E tájbeosztás is elsősorban a fakitermelés céljait, az erdőgazdálkodás irányítását, ellenőrzését és az szükséges feltételek megteremtését szolgálták.

Az 50-es és 60-as évek erdőművelési szemlélete a természettudományok robbanásszerű fejlődésével jelentősen változott. Előtérbe került az erdők használatának ökológiai alapokon nyugvó tudományos feldolgozása és az erdőművelés komplex megközelítése. A Danszky szerkesztésében (1972) megjelent Erdőművelés I. és II. kötete már hangsúlyosan vette figyelembe az erdőkkel kapcsolatos társadalmi elvárásokat, a gyógyulás, üdülés, szabadidő eltöltés, az egészséges környezet kialakítását, illetve ismertették az erdészeti termőhelyértékelés rendszerét, az erdőgazdasági tájak és termőhelytípusok kapcsolatát, a termőhelytípusok és a célállományok közötti összefüggéseket, és a mindezekre épülő, akkor korszerűnek



Járó Zoltán erdészeti tájhatárok tervezése közben
(Forrás: SOE ERTI fotóarchívum)

tekinthető erdőművelési eljárásokat és technológiákat. „Míg Zöld-könyvek termőhely-minősítő rendszere a Majer-féle erdőtípusokra (a növénytársulástanra) épült, addig a célállományok megválasztására és a befejezett erdősítések műszaki átvételével kapcsolatos viták eldöntésére ez az alapelv már kevésnek bizonyult, ezért a célállományok és az erdőművelési eljárások, technológiák megválasztásához a termőhely feltárással meghatározható egységesített Járó-féle termőhely-típusokra volt szükség, egyesíteni kellett a termőhely ismerettan és a növénytársulástan felismeréseit.”¹⁵

Főhatósági kezdeményezésre, az újabb tájbeosztást a Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Karának oktatói (Bartha Dénes, Bidló András, Berki Imre, Király Gergely, Koloszár József, Mátyás Csaba, Vig Péter) készítették el, az Erdészeti Tudományos Intézet kutatási eredményeinek felhasználásával (Halász et al. 2006), amiben a tájhatárok

¹⁵Dr. Danszky István levele az Országos Erdészeti Egyesület részére (2010. november 26.).

pontosítása és a tájak igen rövid, tartalmát tekintve nagyvonalú jellemzése történt meg. A módosítás indoka az erdőgazdálkodás feladatait meghatározó feltételek és igények jelentős megváltozása volt. Továbbá a korábbiaknál nagyobb hangsúlyt kapott a természeti környezet elemeinek, különösen a biodiverzitás védelme. Másrészt a táj megítélése önmagában is változott: ma táj alatt a különböző tájhasználati módok olyan egységes ökológiai rendszerét értjük, amelynek szolgáltatásai és hatásai messze túlterjednek a közvetlen ökonómiai szempontokon. Ezért e munkában a tájakat már nem *erdőgazdasági*, hanem *erdészeti* tájaknak nevezték el. Viszonylag új felismerés az is, hogy az ökológiai-termőhelyi feltételek korántsem állandóak, hanem időben változhatnak (pl. éghajlat, hidrológia). Az ún. „zöld könyvek” felülvizsgálatának kezdeményezését tehát elsősorban az időközben összegyűlt nagy mennyiségű ökológiai és erdészeti kutatási eredmény és tapasztalat alapozta meg, másrészt az a geoinformatikai forradalom, amely az erdőterülethez, faállományhoz kötött adatok hatékonyabb elemzését és hasznosítását teszi lehetővé (Mátyás 2006).

A legújabb, ún. „sötétzöld könyvek” (Király 2018) első négy kötete 2019-ig jelent meg Führe Ernő szerkesztésében (Führe et al. 2017, 2019). A kötetek szakmai színvonalát, a tájakat legjobban ismerő erdész szakembereinek szakértelme és szerzői közreműködése is szavatolja. Az újabb szakmai és társadalmi igények miatt a fatermesztés minőségi fejlesztése mellett egyre nagyobb jelentősége van az erdők védelmi és közjóléti szerepének. E kihívások szakszerű megoldása a 2006-ban meghatározott erdészeti tájak jellemzésének az eddigieknél korszerűbb megközelítésű, részletes kidolgozását vonta maga után. A legújabb kutatási eredmények és az erdészeti nyilvántartás korszerűsödése nemcsak az erdőkhöz köthető adatok hatékonyabb elemzését és felhasználását tette lehetővé, hanem azoknak a szakmai közönség mellett a társadalom szélesebb rétegei felé történő közvetítését is. Ezért a hatályos jogszabályok előírásait betartva, és az érvényes nemzeti erdőstratégia javaslatait figyelembe véve részletesen elemzi és mutatja be az erdészeti tájakat, ismertette azok

- tájföldrajzi (lehatárolás, tájtipológia, tájszerkezet, természetföldrajz, társadalomföldrajz)
- erdészeti (termőhely, faállományok, erdővédelem)
- erdőgazdálkodási (történeti áttekintés, tervezés, erdőművelés)

viszonyait, jellemzőit.

E sorozat egy pillanatképet mutat a magyar erdők állapotáról és a bennük folyó gazdálkodásról. Az elmúlt 50 évben, illetve a rendszerváltás óta történt változások (új erdőtörvények, privatizáció, erdőtelepítési program, zöld szemléletváltás stb.) bemutatása és értékelése pedig muníciót nyújt az erdészeti szakigazgatás és a gyakorlat jövőbeni továbbfejlesztéséhez. E nagyívű, több ezer oldalas sorozat az ökoszisztéma szemléletű erdőgazdálkodás fontos segédanyagává válhat.

Erdészeti szaporítóanyag-termesztés

Frank Norbert, Bach István, Bordács Sándor és Mátyás Csaba

Az erdőgazdálkodás biológiai alapjait az erdősítésekhez szükséges szaporítóanyag előállítás, azaz a vetőmag begyűjtése, megtermelése és kezelése, az ültetéshez használt csemete, dugvány stb. előállítás, készletezése és kiültetése biztosítja. Az erdészeti szaporítóanyagok származásával kapcsolatos szakismeretek jelentőségére a 19. századi németországi nagyarányú fafajcserés erdőfelújításokat követő állománypusztulások hívták fel a figyelmet. Széles körű származáskutatás indult a legfontosabb állományalkotó erdészeti fajok táji alkalmazhatóságának megállapítására, amelynek eredményeképp begyűjtési (származási) és felhasználási körzeteket alakítottak ki.

Széles körű származáskutatás indult a legfontosabb állományalkotó erdészeti fajok táji alkalmazhatóságának felderítésére.¹⁶ A kutatók választ kerestek arra a kérdésre is, hogy mely körzetek között szállítható át szaporítóanyag anélkül, hogy a felhasználás biztonsága sérülne. Ennek érdekében begyűjtési (származási) és felhasználási körzeteket alakítottak ki.

Az erdészeti szaporítóanyagokkal kapcsolatos kutatás egyik fő iránya a származáskutatás és ennek gyakorlati alkalmazásaként az erdészeti szaporítóanyag minősítési rendszerek, jogszabályok szakmai kialakítása, fejlesztése. Az első nemzeti szaporítóanyag törvényt Németország (akkor még NSZK) vezette be 1957-ben. Magyarország ekkor is a világ élvonalában állt: Mátyás Vilmos korszakalkotó műve az „Erdészeti maggazdálkodási utasítás” 1958-ban jelent meg. Az Európai Unió (akkor még Európai Gazdasági Közösség) szaporítóanyag sémája 1966-ban, az OECD erdészeti mag- és csemeteforgalmi előírásai 1977-ben láttak napvilágot. Figyelemre méltó, hogy a hazai erdész szakemberek erőfeszítése nyomán Magyarországot 1979-ben felvették az OECD erdészeti sémába. Az EU csatlakozás óta a közösségi rendszer hazai viszonyokra adaptált kompatibilis változatát használjuk. A kutatások másik fő iránya a vetőmagvak és szaporítóanyagok begyűjtésének, tárolásának, kezelésének és megnevelésének kutatása. Olyan új eljárások, technológiák kifejlesztése és használatba vétele, mely jobb minőségű, ellenállóbb, kedvezőbbben és lehetőleg gazdaságosabban felhasználható szaporítóanyag előállítását eredményezi.

Nem feledkezhetünk meg arról, hogy a teljes szaporítóanyag szektor elsődleges célja a felhasználó erdőfelújítók, erdőtelepítők részére származás, illetve fajtaazonos, magas genetikai értékű és minőségű, a környezeti viszonyokhoz jól alkalmazkodó szaporítóanyag biztosítása.

A hazai kutatások kezdetei

Az erdészeti szaporítóanyag kutatásának kezdetét Vadas Jenő és Roth Gyula közös munkálkodásának elejére keltezhetjük. Roth Gyula 1904-ben – Vadas Jenő javaslatára – átkerült Selmecbányára, az Erdészeti Kísérleti Állomás központjába, ahol többek között

¹⁶A származási kísérletezést részletesebben az Erdészeti nemesítés és erdészeti genetika fejezet tárgyalja.

a vetőmagvak csírázásának és életképességének vizsgálatával kezdett el foglalkozni. Ezen belül is kiemelt szerepet szánt az akácmag kezelésének vizsgálatára, vetésére. A főiskola Sopronba költözésével a selmecebányai és környékbeli csemetekertek, kísérleti területek megszűntek, és ezidőtájt az ő soproni kutatásának súlypontja is jelentősen eltolódott az erdőnevelés irányába.



*Állomány alatti csemetenevelés a Nyírségben
(Forrás: SOE ERTI fotóarchívum)*

Az 1. világháborút követő években az erdőterület növelése, mint elsődleges erdőgazdasági cél jelent meg, melynek elengedhetetlen feltétele a megfelelő mennyiségű és minőségű erdészeti szaporítóanyag. Az alföldfásításhoz, a kopár területek erdőtelepítéséhez, a tarra vágott erdőterületek felújításához mag- és makkmennyiség begyűjtése, a gyűjtési idő meghatározása, a begyűjtött magvak kezelése, valamint a csemete megtermelésének módszerei, eszközei kerültek az erdészeti szakirodalom és a kutatás homlokterébe.

A 2. világháborút követő időszak

A 2. világháború után megkezdődött a központilag szervezett szaporítóanyag-gazdálkodás szervezése, kialakítása, és ezzel szoros kapcsolatban az erdőfelújítási hátralékok felszámolása. A magántulajdonú csemetekerteket felváltották az állami erdőgazdaságok kis vándorcsemetekertjei, melyek a szükséges szaporítóanyagot az erdőfelújítások és erdőtelepítések közelében termelték meg.

Az *Erdőművelési Utasítás Erdőgazdasági Nemzeti Vállalatok, Üzemvezetőségek és Védkerületvezetők számára* (1949) megfogalmazott irányelvei alapján az ország területe hét egységre lett felosztva: Budapest-Hegyvidék; Győr; Szombathely, Zalaegerszeg; Kaposvár-Pécs, Budapest-Síkvidék, Dunaártér; Eger, Miskolc. Az Utasítás az egyes egységekre vonatkozóan javaslatokat nyújtott a fafajmegválasztáshoz, melynek során nemcsak az őshonos, hanem az idegenhonos fafajok közül is lehetett választani.

A hatvanas évektől kezdődően a kellő mennyiségű és szakképzettségű, csemetekertben alkalmazható munkaerő egyre kevésbé állt rendelkezésre. A munkaerő és a gépesítési gondok enyhítésére, valamint a csemetetermesztés korszerűsítése céljából számos újítás került bevezetésre: hidegágyakba való teljes vetés, paper-pot gépsor alkalmazása, Nisula-féle tekerces csemetetermelés (Halász 1982).



*Nyármag gyűjtése az 1950-es években
(Forrás: SOE ERTI fotóarchívum)*



*Magvizsgáló laboratórium 1952-ben, Sopronban
(Forrás: SOE ERTI fotóarchívum)*

Az 1955-ben kiadott *Csemetetermelési utasítás* már a minőségi csemetetermelés gyors javítását tűzte ki célul, ennek érdekében megkezdődött a csemetetermelés koncentrálása, melynek következtében 1949 és 1979 között a regisztrált csemetekertek száma 1126-ról 566-ra csökkent.

Az 1958-ban megjelent *Erdészeti maggazdálkodási utasítás* az állami és állami kezelés alatt álló erdőkre vonatkozóan az 1960-ig elérendő állapot tekintetében mintegy 337 millió db csemete szükségletet prognosztizált, és az ország ültetési anyagszükségletét 530,8 millió db csemetében határozta meg.

Ezen időszak hazai csemetetermelését jól jellemzi Bondor (1972) megállapítása: „A csemetetermelés nehézségeit fokozza, hogy az erdőgazdaságok anyagilag alig voltak érdekelve a szaporítóanyag-termelés fejlesztésében. A csemetetermelés ágazat a fagazdasági vertikum termelési értékének mindössze 1–2%-át adja, ezért fejlesztés szempontjából – vállalati szinten – erősen háttérbe szorult. Fokozza ezt a vállalati tendenciát felvevő piac bizonytalansága. Az elmúlt évek gyakorlatában általános volt, hogy a megrendelt tételeket – hi-

telhiányra, területhiányra, vagy területkiengedési adminisztrációs kérdésekre hivatkozva – a megrendelők az utolsó pillanatban visszamondták.”

Az 1950-es évek elején a magtermelő állományok kiválasztása, valamint a magtermelő plantázatok létesítése nemcsak az erdészeti szaporítóanyag-termesztés új irányvonalát jelölte ki, hanem megalapozta és nagymértékben hozzájárult az erdészeti növény-nemesítés, a nemesített erdészeti szaporítóanyag megteremtéséhez.

Az Országos Vetőmagfelügyelőség megalapítása (1901) után Vadas Jenő javaslatára és vezetésével a selmecbányai Erdészeti Kísérleti Állomás foglalkozott erdei fagyvak vizsgálataival. A 2. világháborút követő időszak maggazdálkodás, magvizsgálat kiemelkedő alakjai voltak Mátyás Vilmos, Marjai Zoltán, Fuisz József, akik a soproni (1948), majd ráckevei (1953) kísérleti állomások kialakításában, működtetésében elvülhetetlen szerepet játszottak. Mátyás Vilmos kísérletei és különösen a virágzásbiológiai megfigyelései alapján kerül kidolgozásra az Erdészeti maggazdálkodási utasítás.



*Mátyás Vilmos famászókat képez ki a magtermelő állományok maggyűjtéséhez 1973 körül
(Forrás: Mátyás Csaba)*

A megnövekedett erdészeti csemete iránti igény – különösen a fenyőkre tekintettel – a hagyományos csemetetermesztés mellett az intenzív technológiák megjelenését és elterjedését igényelte. Az 1960-as évektől kezdődően a különböző mesterséges természetközegekben, zárt termesztőrendszerekben nevelt szabad vagy burkolt gyökérzetű csemete előállítására került előtérbe.

A burkolt gyökérzetű csemetek nevelése során a tőzegcellulóz, a polietilén tasakos, a tőzegcserepes, valamint az ún. paper-pot termesztéstechnológia, illetve az így megnevelt csemetékkel történő erdősítésekkel kapcsolatos kutatások és az eredmények széles körű be-

mutatása az 1960–1980-as évek alapvető feladatai közé tartozott. A szabadgyökeres csemetetermesztési eljárások vizsgálata mellett ezidőtájt kezdte el Tompa Károly az intenzív erdészeti szaporítóanyag nevelési módszerek kutatását.

A magkezelési és csemetekerti technológiák kutatásában jelentős szerepet játszott Papp László munkássága. Nevéhez fűződik nehezen csírázó magvak vetési módszere, az iskolázást helyettesítő gyökéralávágás, a csemetekertek ökológiai és termőhelyi viszonyainak kutatása is (Papp 1964). Marjai Zoltán nevéhez köthető a magról szaporított őshonos nyárák csírázási mechanizmusának feltárása és csemetenevelésének fejlesztése (Finta et al.

1964). Ő vizsgálta mélyrehatóan az akácrag talajban való vándorlását és életképességi változásait, elterjesztette a maghéjsebzés eljárását és az akácrag talajból való kinyerésének módszerét (Marjai 1988).

Az ültetvényes erdőgazdálkodás hazai megjelenése, és elsősorban a síkvidéki területen történő elterjedése a 60-as évek végén új területet nyitott a szaporítóanyag-gazdálkodásban is. A hagyományos erdőgazdálkodási módszerekhez képest intenzívebb termesztési technológiák egységesebb megjelenésű, ún. fajta jellegű szaporítóanyagokat igényeltek. A fajtanemesítés felfutásával párhuzamosan a vegetatív szaporítású fajták (nemesített nyár és fűz, ill. akác) termelése is felfutott. Az új fajtákhoz új technológiák is kellettek, így pl. a magas törzsű anyatelepek mellett egyre elterjedtebbek lettek az alacsony törzsű törzssültetvények, amelyek magasabb dugványhozamot, megbízhatóbb növényvédelmet biztosítottak. A hatvanas évektől kezdődően a munkaerő és a gépesítési gondok enyhítésére, valamint a csemetetermesztés korszerűsítése céljából számos újítás került bevezetésre: pl. hidegágyakba való teljes vetés, paper-pot gépsor alkalmazása, Nisula-féle tekercses csemetetermelés (Halász 1982). A korszak technológiai központú fejlesztési eredményeit jól mutatják be az ekkortájt kiadott erdőművelési (Danszky 1973; Gál és Káldy 1977), ill. szaporítóanyag-termesztési (Bondor és Gál 1976) monográfiák. A szakmai fejlesztések ellenére a csemetetermelési ágazat viszont fokozatosan veszített jelentőségéből, mivel az ágazat a nagyüzemi gazdálkodás keretein belül a fagazdasági vertikum termelési értékének mindössze 1–2%-át tette ki, és ezért vállalati szinten a fejlesztésekre nem fordítottak kellő figyelmet (Bondor 1972, 1973).

A fajta jellegű szaporítóanyagok vizsgálatát az 1967-ben az erdészeti növényekre is kiterjesztett fajtaminősítés keretében külön intézmény, az OMFI, majd később több jogutód intézmény átalakulásából létrehozott OMMI végezte.

A 21. század hajnalán

A rendszerváltást követően a magán erdőgazdálkodók megjelenésével átalakult az erdőgazdálkodás is, ami a szaporítóanyag-termesztésre is kihatással volt. A változó helyzethez alkalmazkodva gyors ütemben növekedett a csemetetermesztéssel foglalkozók száma is. A Mezőgazdasági Minősítő Intézet kimutatása szerint 1991-ben már kétszer annyi termelő foglalkozott tölgy csemeteneveléssel, mint 1988-ban, és ekkor már a kistermelők száma (130) nagyobb volt, mint az összes termelők száma 1988-ban (Bordács 1992). A csemetekertek száma a rendszerváltozás előtti 350 körüliről mintegy háromszorosára nőtt. A tetőpontot 1997-ben érte el, ekkor 1137 engedélyezett kertet tartott nyilván a növénytermesztési hatóság.

Az erdészeti szaporítóanyag-kutatás fontos mérföldköve volt az 1996-ban, a Kiskun-sági Erdészeti és Faipari Zrt. és a Földművelésügyi Minisztérium által közösen alapított Erdészeti Szaporítóanyag Termesztési Központ létrehozása. A központ legfontosabb tevékenységei közé tartozik a magas genetikai értékű szaporítóanyag előállítása és gyűjtése, az ex-situ génmegőrzés, valamint a kor követelményeinek és a változó klimatikus viszonyoknak megfelelő erdőművelési és használati technológiák fejlesztése.

A természetközeli erdőgazdálkodás előtérbe kerülése miatt az ezredforduló időszakra az intenzív csemetetermesztéssel kapcsolatos kutatások, vizsgálatok gyakorlatilag megszűntek. A nemesített szaporítóanyag iránti igény csökkenése a fajtaminősítéseket és ezen belül a fajtavizsgálatokat is visszavetette (Bordács et al. 2018). A fajtakísérletek és kitermesztések értékelései alapján a termőhelynek megfelelő fajták kiválasztása (Bordács et al. 2019) mellett a magas minőségű szaporítóanyag használata együttesen determinálja az ültetvényes gazdálkodás gazdaságosságát (Bach és Bordács 2013), ezért a fajta jellegű szaporítóanyagok használata – főleg a magán erdőgazdálkodás területén – egy alacsonyabb szinten állandósulva továbbra is megmaradt (Pápai 1995, 2013). Ezzel egyidejűleg a magtermelő állományok kiválasztása, illetve kezelésükkel kapcsolatos kutatás-fejlesztések szerepe növekedett (Bordács 1996).

Az erdészeti szaporítóanyag-termesztéshez szervesen kapcsolódik az erdészeti fajok ex-situ és in-situ génmegőrzése is, mivel a génmegőrzési eredmények közvetlenül a szaporítóanyag használatban hasznosulhatnak (Mátyás és Bordács 1997). Az erdészeti genetikai erőforrások állapota, a fajon belüli és a fajok közötti változatosság kimutatása, megőrzése lett a 21. század hazai és nemzetközi (pl. FAO, EUFORGEN) kutatások meghatározó területe (Bordács et al. 2013), amit részletesebben a Nemesítés és Genetika fejezetben tekintünk át. A szaporítóanyag-kutatás legújabb kihívása az éghajlatváltozás és ennek a természeti környezetre – különös tekintettel az erdőkre – ható kedvezőtlen következményeinek mérséklése (Tollefsrud et al. 2021; Bordács et al. 2021), ill., a hazai fajok és rokonfajaik környezetváltozásra toleráns származásainak kiválasztása és a gyakorlati alkalmazásuk előkészítése (Kézdy és Bordács 1998; Bordács et al. 2020).

Faállománynevelés és erdősisítés kutatása Magyarországon

Frank Norbert és Kollár Tamás

A honfoglalást követő évszázadokban a királyi, földesúri erdőbirtokok fenntartása és védelme csak a vagyonsvédelemre terjedt ki. A 14–15. századtól kezdődően a gazdálkodás fokozatos átalakulása, különösen a bányászat előtérbe kerülése miatt, az ipar fával történő ellátása magával hozta a faellátást szolgáló erdőfenntartást. A bányászat egyre növekvő faigénye, a honvédelem, a népegészségügy érdekében történő erdőtelepítések, a későbbiekben pedig a szociális, közjóéti jellegű erdősisítések, fásítások, végül, de nem utolsósorban a természetközeli erdőgazdálkodás jelentős mértékben megváltoztatták az erdők létesítése, fenntartása, megújítása, megőrzése, védelme érdekében szükséges teendőket.

Faállománynevelés

Kaán Károly már 1905-ben felvetette az erdőnevelési kísérleti területek létrehozásának szükségességét, azonban az akkori erdészeti kísérleti ügy még nem volt alkalmas ennek végrehajtására (Kaán 1905). Az 1900-as évek elejétől ugyan létesültek Magyar-

országban erdőnevelési kísérletek, melyeket olyan neves erdészeti személyiségek kezeltek és vizsgáltak, mint Vadas Jenő, Czillinger János, Roth Gyula, Fekete Zoltán és Rónai György, azonban ezek a kísérletek jellemzően egyedi módszertannal létesültek (Birck et al. 1962). Több előző tervezet nyomán Majer Antal tett javaslatot erdőnevelési kísérletek kialakítására és vizsgálati módszerére (Majer 1957), végül az 1962-ben megjelent útmutató tekinthető az erdészeti tartamkísérleti hálózat alapjául szolgáló módszertannak (Birck et al. 1962).

A kísérletek irányelveit, melyek egységes keretbe foglalták az Erdészeti Tudományos Intézetben a Solymos Rezső vezetésével újjáalakított Erdőművelési és Fatermési Osztály későbbi munkáját; 1961. december 4-én vitatták meg a Magyar Tudományos Akadémián. A kutatócsoport megalakításában és a kísérleti hálózat fenntartásában kiemelkedő szerep hárult Solymos Rezsőre, aki osztályvezetőként, illetve később akadémikusként kiharcolta a kutatás megkezdését és évtizedekig való fenntartását (Solymos 2013a,b). Elsődleges célja az volt, hogy megfelelő bázist nyújtson az erdőművelési és fatermési kutatásoknak. Ezek a célok a későbbiekben tovább bővültek az újabb kutatási igények és társadalmi elvárások megjelenésével az azóta eltelt évtizedekben (Birck et al. 1962; Béky et al. 1991–1992).

Solymos Rezső szerint (Solymos 2000) a tervszerű törzsszám-, illetve növőtér-szabályozással az alábbi célokat kell szolgálni:

1. faállomány minőségének javítása,
2. állékonyság növelése,
3. kedvező növekedési feltételek létrehozása,
4. faanyagnyerés,
5. természet- és környezetvédelem szerepének maradéktalan teljesítése,
6. különböző jóléti, üdülési szolgáltatások fenntartása és lehetséges bővítése,
7. biotikus és abiotikus károsítókkal szembeni rezisztencia növelése.

Az erdőnevelési és faterméstani kutatások érdekében létesített kísérleti területek a következő célok megvalósítását szolgálják:

- a) Az ország főbb erdőtípusaiban a fatermesztési célú állományok nevelési irányelveinek meghatározása.
 - i. Milyen időpontban kell elkezdni az egyes nevelővágásokat?
 - ii. Milyen a nevelővágások célszerű erélye és mennyi legyen a visszatérés ideje?
 - iii. Milyen hatással vannak a nevelővágások az összes fatermeszre?
- b) Az erdők természetes felújulásának lehetőségei és módjai.
- c) Állományszerkezeti és fatermési mutatók vizsgálata, mely kiterjed
 - i. a faállományok külső szerkezeti tényezőire (záródás, sűrűség, elegyarány),
 - ii. a faállományok belső szerkezeti tényezőire (alakszám, körlap stb.),
 - iii. egyes fák fatermeszére és
 - iv. a faállományok fatermeszére (fatömeg és fatermési táblák szerkesztése).

A kísérletek során az alábbi típusú parcellák kerültek kialakításra:

- a) Fatermési parcellák, melyek célja, hogy lefedjék a magyarországi fafajok kor és termőhelyi spektrumát. Ezeket a parcellákat üzemi gyéritési elvek alapján kezelik, tehát az országos és helyi gyéritési elveket veszi figyelembe a gazdálkodó, a kísérlet nem befolyásolja az itt végzett erdőművelési munkákat. Minden hasonló módszertannal felvételezett kísérleti parcella fatermési parcellaként is felhasználható, amennyiben lombozata zárt, kora ismert, faállománya többnyire egy főfafajból áll, és felvételezése folyamatos (pl. kísérleti sorok, intenzív monitoring parcellák, egyéb kitűzések).
- b) Erdőnevelési kísérleti sorok esetében azonos termőhelyen és korban (általában egy erdőrészleten belül) több (minimum 3) parcella található. Ezekben a sorokban található kontroll terület, ahol tiltott a fakitermelés, egy üzemi gyéritésű parcella, és több különböző mértékben gyéritett parcella, melyeken a különböző erélyű nevelővágásoknak a növedék alakulására gyakorolt hatása vizsgálható. A kísérletek időtartama miatt sajnálatos módon a kontroll parcellák ritkán tekinthetők teljesen beavatkozástól mentesnek, jellemzőbb, hogy hosszú távon, mint a legkisebb gyéritési erélyű parcellaként vizsgálhatók.

Az erdőnevelési kísérleti sorok speciális altípusai az alábbiak:

- a) Ültetési hálózati kísérleteket leginkább az ültetvényyszerű fafajok (elsősorban erdei-, fekete- és lucfenyő, illetve akác és nemes nyáarak) esetében létesítettek nagyszámú parcellával annak vizsgálatára, hogy a különböző ültetési hálózatokban különböző eréllyel végzett nevelővágások hatására miként alakul az adott faállomány növedéke, illetve fatermése.
- b) Fafaj összehasonlító sorok esetében azonos termőhelyen különböző fafajokkal létesítették az erdőnevelési sorokat vagy ültetési hálózati kísérleteket. Térben távolabbi, de hasonló termőhelyen álló, hasonló korú, de különböző fafajú állományok is vizsgálhatók.
- c) Technológiai sorok esetében valamely erdőnevelési vagy fakitermelési technológia kipróbálására állítottak be erdőnevelési sorokat. Ide tartoznak a tisztítási kísérletek is. A kísérleti területek egymásra épülve építik fel az országos erdészeti tartamkísérleti hálózatot. Egy kutatási sor adott főfafaj esetében tartalmazza a változatos korú és termőhelyű parcellák és kísérleti sorok összességét, melyek így elméletileg lefedik az adott fafaj országos magassági szórásmezejét.

A kísérletek eredményei az alábbiakban foglalhatók össze:

- a) *A kísérleti bázis létrehozása (kísérleti területek országos hálózata):* a kísérleti területek felét 1970 előtt, több mint kétharmadát pedig 1980 előtt hozták létre, ezért az idős korban kitűzött parcellák jelentős része már megszűnt.
- b) *Az egyes fák fatérfogatának vizsgálata (fatömeg táblák):* a fatömeg-számítási táblázatok első kiadását 1970-ben (Sopp 1970), második bővített kiadását 1974-ben adták ki (Sopp 1974). 2000-ben a harmadik kiadásban a táblákat függvényesítették, illetve 2013-ban megjelent egy változatlan negyedik kiadás is (Sopp et al. 2013).

- c) *A faállományok fatermesének vizsgálata (fatermes táblák):* az országos fatermes táblákat fafajonként adták ki több szakaszban, de készültek helyi fatermes táblák is. Az elsőként elkészült fatermes táblákat, fontosságuk miatt, összesítve kiadták 1974-ben a fatömeg-számítási táblázatok egyik fejezeteként, kiegészítve egyéb fajok tábláival (Sopp 1974). Második alkalommal a többszöri visszatérések eredményeivel pontosították a meglévő fatermes táblákat. (Egyes fajokból akár háromszor is készült megújított tábla.) Továbbá készültek grafikus fatermes táblák, statisztikai fatermes tábla, valamint a sarj eredetű állományokra is készültek táblák.
- d) *Erdőnevelési irányelvek és erdőnevelési modellek kidolgozása (erdőnevelési modell-táblák):* az erdőnevelési modell-táblákat a fatermes táblák, illetve az erdőnevelési kutatások eredményeit felhasználva kerültek megszerkesztésre. Egyes modell-táblák a kutatók doktori, kandidátusi disszertációiban jelentek meg.

Az erdőnevelési eljárások irányelvei az 1950-es években a „*korán, gyakran, mérsékelten*” Carl Heyer elvei szerint történt. Alapvető jellemvonása volt a kiválasztott legértékesebb fák növényterének bővítése és növekedésének elősegítése. Ez fokozatosan lehetővé tette a visszatérés idejének növelését és kialakult a „*korán, gyakran, erőteljesebben*” elv. Az erőteljesebb beavatkozásokat a gépesítési és ökonómiai szempontok indokolták. A következő időszakra a „*későn, ritkán, erősen*” elv lett a jellemző, melyhez az alapot az erdősítési hálózatok kísérletek nyújtották, amelyeknél az volt a törekvés, hogy a gépesítési lehetőségek egyidejű növelésével az első nevelővágások időpontja a faállománynak arra a korára essen, amikor már hasznosítható iparifát is lehet az előhasználati faanyagból termelni.

A faállomány-nevelési módszereket tekintve, már az 1940-es évek végétől megjelentek azon – részben kutatásokon, megfigyeléseken alapuló – vélemények, melyek a szálaló erdő, illetve a szálalógazdálkodás előtérbe helyezését szorgalmazták. Az 1950-es évek derekától kezdődően a különböző fajok természetes erdőfelújításával foglalkozó kutatások, illetve azok eredményei jelentek meg a hazai szakajtóban. Ennek ellenére az 1945–1964-es időszakban a mesterséges erdőfelújítások végrehajtásáról, az ezekkel összefüggő kísérletekről, megfigyelésekről jóval gazdagabb szakirodalom áll rendelkezésre.

Az ültetvényszerű fatermesztés, illetve az azzal kapcsolatos termőhelyi, erdősítési, állománynevelési kutatások az 1950–60-as évektől megkezdődtek, melyek konkrét, a gyakorlat által is alkalmazható eredményeiről az ezredforduló táján számos szakirodalom jelent meg (Führer et al. 2003, 2008).

Az 1950-es évektől kezdődően a hazai nyárfatermesztés alapjainak lerakásával, az ültetvényszerű fatermesztéssel jelentős mértékben átalakult erdőgazdálkodásunk, melynek első lépése a hullámtéri erdősítési terv volt. A Minisztertanács 1040/1954-es határozata nagyarányú erdőtelepítési és fásítási programot irányzott elő, melynek mintegy 80%-a nyáras volt. A harmadik nyártelepítési hullám az 1966-ban indított mezőgazdasági cellulóznyáras telepítése volt, melyek a területhasznosítás racionalizálása céljából és érdekében, az ún. alternatív földhasznosítás erdőtelepítéssel történt. Sajnos különösen jellemző volt ez a termelőszövetkezetek által kezelt mezőgazdaságilag kevésbé hasznosítható területek nyárasítására, amelyeket gyakran megalapozott termőhely-feltárás és szakértelem nélkül

végeztek. Ilyen területeken alakultak ki azután a '80-as években már csak „nyártemetőnek” hívott állományok.

A fehér akác, mely hazánk legnagyobb térfoglalású, egyes állami illetve magánerdőgazdálkodók legfontosabb fafaja, a klímaváltozás, valamint a hazai termőhelyviszonyokra tekintettel talán – részben szükségszerűen – a jövő fafaja is, az agresszív terjeszkedésével jelentős mértékben átalakította, átalakítja a természetközeli állapotban lévő erdeinket. A 2014-ben kiújult „akác-vita” mind az erdőgazdálkodók, mind a természetvédelem részéről számos állásfoglalást, tudományos kutatás eredményeit vonultatta fel, amely már középtávon is hozzájárul az e fajjal történő további gazdálkodáshoz¹⁷.

Az erdőállományok nevelése területén, különösen az állományszerkezeti-tényezők és a nevelővágások típusai, erélyük vizsgálata jelentős mértékben hozzájárultak a korszerű állománynevelési eljárások megtervezéséhez, kivitelezéséhez. Az erdőnevelés, különösen a faállomány-nevelés biológiai alapon és technológiai vonatkozásában az 1970–80-as években jelentős mértékű racionalizáláson ment keresztül, melyhez mind az Erdészeti Tudományos Intézet, mind pedig az Erdőmérnöki Kar kutatásaikkal – kiemelendő Szappanos András ezirányú tevékenysége – jelentős mértékben hozzájárult.

Erdősítés

Az erdősítésekkel kapcsolatos kutatások alapjait az egyes termőhelytípus-változatokon alkalmazható fafajok megválasztásával kapcsolatos vizsgálatok tették, teszik ki. Emellett természetesen az erdészeti szaporítóanyag formája (vetés, csemeteültetés, dugványozás), az elegyítés módja és az ültetési hálózat régiónkénti, illetve fafajonkénti vizsgálata a különböző fafajösszehasonlító kísérletek kiindulópontjai.

Solymos (2006) az arborétumok, gyűjtemények, kísérleti területek kezelése során szerzett ismeretek, tapasztalatok hasznosítását hangsúlyozza, kiemelve a gyakorlatban való hasznosítás fontosságát. Az erdészeti céllal létesített arborétumok az erdészeti tudományos kutatás és oktatás bázishelyei is, és a honosítás, nemesítés és génmegőrzés szerepét is betöltik. Az itt már bizonyos mértékben akklimatizálódott és állékonyságot mutató fafajok magvait, dugványait begyűjtik, majd félüzemi kísérleti parcellákon követik nyomon növekedésüket. A 60-as évek elejétől nagyszabású gyakorlati erdőművelési kutatások kezdődtek az Erdészeti Tudományos Intézet keretén belül Solymos Rezső vezetésével. Ezek célja és lényege, hogy különböző fafajú, de egykorú és elegyetlen faállományok méreteinek és állomány-szerkezeti tényezőinek, valamint a standard metodika alkalmazásával új ismereteket szerezzenek a fák és faállományok növekedési és erdőművelési tulajdonságairól. A munka eredményeként a 70-es évektől fokozatosan elkészültek a fontosabb állományalkotó fafajokra az országos fatermési táblák. Ezek a fatermési táblák is – meghatározott pontossági korlátok között – alkalmasak a különböző fafajok teljesítményének összehasonlítására, különösképp akkor, ha azokat termőhelyi felvételek alátámasztják.

¹⁷https://ecolres.hu/Az_Akac-koalicio_megalapozatlan_allitasairol

Magyarország homokterületei fásításának, erdősítésének szükségességére a soproni születési Krámer János György orvos hívta fel az elsők között a figyelmet, aki közegészségügyi szempontból javasolta 12 fűz- és 3 nyárfajta mellett az akácot az alföldfásításhoz (Gál és Káldy 1977). Illés Nándor – a lágyszárú növényzet felhasználásával – részletesen kidolgozta az akác számára alkalmas homoki termőhelyek meghatározását; szintén a talajjelző növényzettel jellemezte e termőhelyeket Kiss Ferenc, majd pedig Magyar Pál (1960) fejlesztette tovább és egészítette ki a talajjelző növények növénytársulásokba való csoportosítását, és valamennyi növénytársuláshoz meghatározta az alkalmazandó fafajokat, valamint az erdőtelepítési technológiákat.

A szikes talajú termőhelyek fásítására vonatkozó legkorábbi feljegyzések Tessedik Sámuelnek az 1805-ben megjelent kéziratos munkáiban találhatóak (Gál és Káldy 1977). Az Erdészeti Lapok hasábjain, 1870-ben Láng Gábor (1870) a szikes területeket a felső talajréteg vastagsága alapján három fokozatba sorolta, javaslatot téve az egyes fafajok alkalmazhatóságára.

A későbbiekben számos jeles kutató, többek között Bernátsky Jenő és Rapaics Raymund is foglalkoztak a szikes területeken található fafajok ismertetésével, valamint a ligetes sziki erdőfoltok kedvező termőhely-módosító hatásával.

A szikes termőhelyek fásításának szükségessége az 1. világháborút követő súlyos gazdasági helyzetben került előtérbe. Kaán Károly kezdeményezésére 1924-ben Püspökladányban erdészeti szikfásítási telep létesült. Az itteni kutatások elméleti és gyakorlati eredményeit Tóth Béla és munkatásai tették közzé (Tóth et al. 1972).

Az első szakirodalmi adat a láptalajok erdősítésével kapcsolatos megfigyelésről 1911-ben jelent meg az Erdészeti Lapokban. Poppr Emil a lébény-mosonszentmiklósi uradalomhoz tartozó bormászi Hanságban folytatott erdősítési kísérleteket (Magyar 1960). A láptalajok szélérózióval szembeni védelméről kapcsolatos kísérleteket és megfigyeléseket Istvánffy József (1950) közölte az Erdészeti Lapok hasábjain, felhívva a figyelmet a mezővédő erdősávok telepítésének szükségességére.

A lápi talajú termőhelyek erdősítésének, erdőnevelésének lehetőségeivel, módszereivel Balsay László kiemelkedően sokat foglalkozott. Ennek eredményei ezen termőhelytípus változatokon alkalmazható célállományok rendszerének, erdősítési technológiájának és erdőnevelési módszereinek kidolgozása (Balsay 1950).

A 18. századtól kezdődően az ország számos pontján, többek között Budai-hegyében, Bakonyban, Pilisvörösvár és környékén jelentős mértékű erdőirtások történtek, melynek következtében az erózió és a defláció vált az egyik legfontosabb felszínalakító tényezővé. Az 1800-as évek végén megkezdődött a kopárterületek összeírása, és elkezdődtek a visszakerdősítési munkálatok. A 2. világháborút követő újjáépítési időszakban, majd pedig a 3- és 5-éves tervek életbelépésével a kopárfásítások új lendületet kaptak. A jelentős mértékű terület- és talajelőkészítéssel járó, kezdetben magvetéssel, majd csemeteültetéssel végrehajtott erdősítésekhez főként erdei- és feketefenyőt alkalmaztak, de a kedvezőbb termőhelyeken a molyhos tölgy és a csertölgy is szóba került.

A kísérleti hálózat 6 évtizedes fennállása alatt keletkezett adatok digitális formára alakításával és feldolgozásával a személyi számítógépek elterjedésével indult meg az 1990-es



*Kopárfűstítés vizsgálata a Mátyáshegyen 1952-ben
(Forrás: SOE ERTI fotóarchívum)*

években, azonban szisztematikusan 2012 óta zajlik (Kollár és Borovics 2022). A kezdetekben alkalmazott táji erdőművelést a sematikus faállománynevelés, majd pedig a természetes társulásokra, élőhelyekre alapozott erdőnevelési eljárások (erdőkezelések) váltották fel. A szálalással, örökérdőgazdálkodással összefüggésben az egyed szintű – manapság ismét javafásnak nevezett – erdőnevelési eljárások kerültek előtérbe.

Szálalás és örökérdő kutatás Magyarországon

Csépányi Péter és Frank Norbert

A kezdetektől Trianonig

A hazai szakirodalomban a folyamatos borítást biztosító erdőgazdálkodás a szálalóerdő-gazdálkodással kapcsolatban jelent meg legelőször. A szálalóerdő Vadas (1898) szerint több szempontból előnyösebb, mint a vágásos szálalóerdő, azonban külön nem tér ki az egyes fafajok szálalóerdőben való alkalmazhatóságára. Megemlíti, hogy nagy mennyiségű minőségi faanyag csak így nevelhető, azonban a szálalóerdő kialakítása és kezelése sok nehézséggel jár. Fontos felismerése volt, hogy a szálalóerdő ellenállóbb a hónyomás, széltörés, aszály okozta károkkal szemben, és a keletkező újulatot nem veszélyezteti a vágástéri vegetáció. Előnyei ellenére Vadas a szálalóerdő hazai térhódítását nem tartotta valószínűnek, és ennek főbb akadályaként a fahasználat technológiai nehézségeit és a megfelelő feltárás hiányosságait említette meg.

A bükk és a tölgy, az árnytüdő és a fényigényes fafajok alkalmazhatóságának megkülönböztetése Fekete Lajos (1899) munkájában is előtérbe került, aki azonban nem látta a fafajok különböző fényigényét áthághatatlan akadállyal, így a fényigényes fafajok esetében nagyobb hézagok, lécek nyitását javasolta, hogy megfelelő elegyarányuk biztosítható legyen.

A hazai szálalóerdő kutatások megalapozója, kiemelkedő alakja, hazai megteremtője Roth Gyula volt. Kutatási témái közé már 1912-ben fel kívánta venni a szálalóerdők vizsgálatát. Likavkán (Szlovákia) talált is egy erre a célra megfelelő erdőterületet, mely alkalmas lett volna a kísérletek, vizsgálatok elkezdésére, azonban a terület akkortájt szinte megközelíthetetlen volt. Mire lehetőséget kapott volna egy odavezető feltáróút megépítésére, el kellett gnyina a Felvidéket.

A két világháború közötti időszak

A korszak egyik kiemelkedő erdészeti szaktekinvélye, Kaán Károly (1921) foglalkozik elsőséggel azzal, hogy a „sarjgazdálkodással” és a fokozatos felújítógazdálkodásokkal szemben felhívja a figyelmet a folyamatos borítást biztosító erdőgazdálkodás és a vágásos erdőgazdálkodás határmezsgyéjén álló szálalógazdálkodásos eljárás előnyeire, melyet volumenben és minőségben is jobbnak ítél.

Roth Gyula (1923) az Országos Erdészeti Egyesületnél megtartott előadásában ismerteti meg a szakközönséggel az „örök erdő” fogalmát. A két világháború közötti időszakban Roth több alkalommal is foglalkozott a szálalóerdő, az örökerdő különféle változataival.

A soproni hidegvíz-völgyi területen az 1930-as években kezdődtek meg a tervezési munkák és az első terepi jelölések. Roth Gyula alapelve a kísérlet beállításakor azt volt, hogy a szálalóerdőben az élőfakészletet mindig azonos szinten kell tartani, tehát csak a növedéket szabad kitermelni. Viszont tudatában volt annak is, hogy ha az egykorú – vágásos szerkezetű – faállományt ilyen, viszonylag gyenge eréllyel, egyenletes bontásokkal érinti, akkor az újulatnak az anyaállomány víz-, tápanyag- és fényelvonó kompetíciója miatt nincs esélye a megmaradásra. Ezért a terület több pontján erőteljesebb beavatkozásokat tervezett, míg az állomány nagyobb részét érintetlenül hagyta. Sébor János irányításával az erdőmérnök-hallgatók tanulmányi gyakorlat keretében 1941-ben elkészítették a hidegvíz-völgyi kísérleti terület első rétegvonalas térképét.

A 2. világháborútól a „rendszerátalakításig”

A 2. világháborút követően Jablanczy Sándor foglalkozott a szálalóerdő népszerűsítésével szakmai körökben. Kandidátusi értekezésben pedig összefoglalta a külföldi tapasztalatokat, és részletesen bemutatta az egyes országokban megtalálható erdőművelési rendszereket. Elemezte a hazai helyzetet is, felhívta a figyelmet a fennmaradt paraszti szálalóerdőkben rejlő gyakorlati és tudományos lehetőségekre. Abban az időben is elsősorban az eltérő hazai klimatikus viszonyokban látta a szakmai közönség a folyamatos borítást biztosító erdőgazdálkodás bevezetésének elsődleges akadályát, azonban rámutatott arra, hogy nem a külföldi gyakorlat sematikus másolására kell törekedni, hanem a szálalóerdőt kell a magyar viszonyokra helyesen alkalmazni.

A soproni Hidegvíz-völgyben a világháború előtt megkezdett kísérletek folytatódtak. Erre az időszakra a vágásjelölések folytatása és ennek folyamán a mérsékelt fakitermelések, valamint az 1961-ben az aszfalt burkolatú út megépítése a meghatározó. Roth Gyula 1961-ben bekövetkezett halála után Majer Antal vette át a kutatás vezetését. Ekkor került sor az első faállomány szerkezeti felvételekre a 9. és a 16. támadóvonal mentén.

1963–1973 között intenzívebb, rendszeres fahasználatok történtek. A ciklus üzemtérve részletes méretcsoportos faállomány-szerkezeti adatokat közölt az erdőrészelekről, és állományleírást, valamint kezelési irányelveket is tartalmazott. Ez a munka Palotay István és munkatársai nevéhez fűződik, ők készítették el a terület első szálaló jellegű üzemtérvét.

A kísérlet tényleges irányítását 1968-ban átvevő Majer Antal elégedetlen volt a felújulás eredményével, ezért erőteljesebb bontásokat jelölt ki.

Az 1974–1983 közötti időszakban a kísérleti terület két erdőrészlet véghasználatára miatt csökkent, valamint az erdőnevelési beavatkozások szüneteltek. 1975/76 telén széldöntés történt a területen, mely érintette a 181A erdőrészletet, ezért ennek teljes faállományát két részletben ki kellett termelni. 1981–83 között a 178A erdőrészlet faállományát három lépésben kitermelték, és részben mesterségesen felújították.

1984-től a rendszerváltásig a természetvédelmi moratórium miatt a fahasználatok szüneteltetése volt a jellemző egy kisebb egészségügyi termelés kivételével.

A Hidegvíz-völgyben lévő kísérleti terület mellett a vizsgált időszakban megkezdett kísérletek közül kiemelkedik Madas László 1954-ben, a visegrádi Erdőanyai-völgyben indult üzemi kísérlete (Madas et al. 2005). A Visegrád 77A erdőrészlet, mely alapvetően gyertyános-bükkös, 1954-ben egykorú 100 éves bükkállomány volt, melyet a felújítóvágás végvágására írtak elő. Madas László a Visegrádi Erdészeti akkori vezetője azonban a legjobb tulajdonságokkal rendelkező egyedekben meglátta az értéktermelés lehetőségét, és ennek érdekében letért a gyors felújítóvágásos eljárásról. Helyette lassú csoportos szálalóvágást indított el.

Borsos (1958) a Sárvári Erdőgazdaságnál több területen tervezte a gyertyános-kocsánytalan tölgyesekben az örökerdő-gazdálkodás bevezetését („szálalást”), köztük volt egy, a Bejczygyertyános határában lévő 133,85 ha nagyságú erdőtömb (Rózsáskert). Bár az eredeti erdőtípust szagos mûgés bükkös-tölgyesként írta le, az erdőtömb nagy részét mégis gyertyános-tölgyesek alkották, melyekbe bükk is elegyedett szálanként. A tölgyesek örökerdőként való kezelésének egyik alapfeltételét is megfogalmazta, miszerint elegyetlen tölgyesben nem lehet az örökerdő üzemmódot bevezetni.

Az örökerdő-gazdálkodás („szálalóerdő-gazdálkodás”) bevezetésével az alábbi célokat tűzte ki:

- a) a gyertyán nagy részarányának csökkentése, a potenciálisnak tekintett bükkös-tölgyes erdőtípusra történő fokozatos áttérés, egyúttal az elegység növelésének szolgálata;
- b) vastag furnérrönk termelés szálalás bevezetésével;
- c) az átlagnövedék emelése;
- d) a hagyományos, vágásos erdőfelújítási munkák kiküszöbölése;
- e) az elgyertyánosodás veszélyének elkerülése;
- f) makktermő tölgyes állományok kezelése.

Eljárásának lényegét az alábbi szempontokban lehet összefoglalni:

- a) a feltártság növelése, hektáronként 21 fm időjárásbiztos kövezett út és 76 fm földút mértékig,
- b) a kocsánytalan tölgy újulat fényigényét figyelembe vevő csoportos szálalás alkalmazása.

A paraszti szálalóerdők erdőművelési szempontból kevésbé voltak az időszak szakmai fókuszában, elsősorban erdőrendezési szempontból kaptak nagyobb figyelmet. Palotay István foglalkozott legelőször a szentgyörgyvölgyi szálalóerdő erdőrendezési kérdéseivel (Palotay

1965). Az erdőművelési vizsgálatok középpontjában az erdei legeltetés, lomgyűjtés megszüntetése utáni erdeifenyő arány visszaszorulása, a bükk, a tölgy és más lombos fafajok arányának növekedése állt.

Majer Antal szerint bár tartamosság szempontjából a legkedvezőbb a szálalás, a hazai lombos erdőkben a minőségi fatermesztés céljainak kevésbé felel meg, mint a hagyományos vágásos üzemmód. A bükkösökben és a tölgyesekben azért nem ajánlja alkalmazását, mert a szabadabb állásban kialakuló „fattyúhajtások” az idősebb törzseknél minőségi romláshoz vezetnek. Majer a szálalóerdőtől való idegenkedés elsődleges okaként – ebben az időszakban – a hazai lombos erdőkben hiányzó vagy elégtelen tapasztalatokat jelöli meg.

A rendszerváltástól napjainkig

A soproni Hidegvíz-völgyben 1994 után folytatódtek a kutatások a természetvédelmi hatóság hozzájárulásával, és a feltételek teljesítésével lehetővé vált a további beavatkozások jelölése, majd kivitelezése. A kísérleti terület gondozói a Roth-féle vonalas csoportos szálalóvágás elvei szerinti kezelés mellett döntöttek, mivel „szálalóvágásként a módszer még sehol nem került teljes kipróbálásra.” Meghatározásra kerül a célállomány Prodan-osztályonkénti törzsszáma és az osztályonkénti élőfakészlet is. A területen vastagfa többlet mutatkozott, de ez a későbbiekben a felújulás sikerét nem befolyásolta hátrányosan.



A Roth-féle szálalóvágás jelölésének és felvételének kezdete 1996 januárjában. (Balról jobbra: Román József, Jurasek Fábián, Koloszár József, Takács László, Csapó József, Kozák Gábor, Nyúl Károly, Frank Norbert, Hédl András, Varga Tamás, Szabó Miklós; Forrás: Ormos Balázs)

A Soproni-hegyvidék új üzemtervének előkészítése során, 2014-ben egy emlékerdő kialakításának gondolata is felmerült, melynek keretében a kísérleti terület jelenős mértékben kibővítésre került. Ennek eredményeképp egy erdőrészlet kivételével az eredeti, Roth Gyula által megkezdett területen folytatódott a kísérlet. A 15 cm mellmagassági átmérőt elérő egyedek teljes faállomány-felvételzése megtörtént a Field-Map rendszer segítségével, melynek során minden egyes felmért faegyed fafaja,

mellmagassági átmérője, magassága, koronavetülete, koronahossza, egészségi állapota, törzsmiősége és koordinátája rögzítésre került. Molnár Dénes doktori értekezésében részletesen elemezte a megváltozott faállomány-szerkezetet, a felújulás/felújítás további lehető-

ségeit. Az elmúlt időszakban a bükk korosbodásának következtében és a szinte folyamatos újulat miatt az állomány törzsszám-clozslása kezdi megközelíteni a Prodan-féle ideálisnak tartott törzsszámeloszlást.

Solymos Rezső (2000) áttekintette a hazai erdőgazdálkodás fejlődését, és megállapította, hogy a jövőben a természetközeli erdőgazdálkodásnak kitüntetett szerepe lesz az erdő iránti társadalmi érdeklődés növekedése következtében. Természetközeli erdőgazdálkodás alatt egy olyan erdőgazdálkodást ért, mely kedvezőbb természetvédelmi szempontból, mely ökológiailag is megalapozott erdőművelést feltételez. Hangsúlyozta, hogy a természetközeli erdőgazdálkodás alapjai a korábbi hazai erdőművelési irányelvekben is megtalálhatóak voltak, de érvényesülésüket gazdasági és más tényezők ellehetetlenítették. Solymos (2000) szerint azonban ezeket a tényezőket ki kell küszöbölni és a természetközeli erdőgazdálkodás során ökológiai és ökonómiai szempontból egyaránt megalapozott erdőművelést kell folytatni, melyhez a feltételeket biztosítani kell.

Tobisch Tamás (2009) vizsgálatai szerint a kocsánytalan tölgy felújulásának sikere a mintegy famagasságnyi (25–30 m) átmérőjű lékekben vizsgált újulat esetében gyengébb az ernyős felújítógáshoz képest, a területen jelentkező konkurencia következtében. Ezekben a kísérletekben igazolódott, hogy az egy lépésben, 500–1250 m²-es méretben kialakított lékek túlságosan nagyok bizonyultak, melynek következtében a tölgy újulat a jelentős konkurencia miatt visszaszorult.

A bükkösök esetében a hagyományos ernyős bontáson alapuló felújítógásban tapasztalható erdőfelújítási problémákra Török (2006) keresett megoldást, mely a beavatkozások égtájorientált vezetésével segít a bontások hatására száraz vízgazdálkodásúvá, illetve más esetben nedves vízgazdálkodásúvá váló területek esetében a felújításra optimális feltételeket teremtő üde vízgazdálkodási viszonyokat megközelíteni.

A 90-es évek végétől kezdődően új kísérleti területek is kialakultak. Ilyen az 1999-ben kijelölt Mexikó-pusztai üzemi kísérlet a Visegrádi-hegységben, illetve a Dobogókő déli oldalától a Pilis-tetőn keresztül és a Fekete-hegyet is magába foglaló Pilistetői Örökerdő tömbjének kijelölése. A közel 2300 hektárnyi területet magában foglaló, örökerdő-gazdálkodásra beállított erdőtömbben meghatározó a bükkösök és a gyertyános-tölgyesek részaránya, azonban más erdőtípusok is előfordulnak. A Pro Silva alapelvek szerinti erdőgazdálkodás gyakorlatban történő bemutatásának céljából 1999-ben jött létre a Pilisi Parkerdő Zrt. Pilisszentkereszt-i Erdészetének területén található Mexikó-pusztai üzemi kísérleti terület (Pilisszentlélek 25A erdőrészlet, 9,74 ha), melyet 2001-ben a Pro Silva Hungaria Egyesület Pro Silva Bemutató Területté nyilvánított. A bemutató terület gyertyános-bükkösében az elmúlt 22 évben végzett következetes munka látványos sikerekhez vezetett. Bár szerkezetében még messze van az optimálisnak nevezhető állapottól, de a gyakori, 2–3 évente végrehajtott, általában mérsékelt erélyű beavatkozásoknak köszönhetően kedvező folyamatok indultak meg. A bükk, a kocsánytalan tölgy és a termőhelynek megfelelő őshonos elegyfajok szépen újulnak a teljes területen.

A kocsánytalan tölgy lékekben történő felújulása a mexikó-pusztai Pro Silva Bemutató Területen is vizsgálható, melynek bekerített részein a tölgy újulat állandóan jelen van. A néhány kitermelésre érett fa kivágását követően, a kezdetben 150–200 m²-es kis csoportokban

megjelent tölgy újulat két-három lékben már meghaladta a 4–5 m-es magasságot a lékek lassú tágításának és a tölgyek között felverődött gyertyán, bükk kétévente történő visszaszorításának köszönhetően. Érdekes tapasztalat, hogy a lékek északi felében kedvezőbbek a körülmények a tölgy újulat számára. Sík területen, illetve északi kitétségekben az észak-déli irányban tájolt, inkább elliptikus alakú, szabálytalan lékek vezethetnek sikerre a kör alakú lékek elvizesedése és elgyomosodása miatt.

A cseres-kocsánytalan tölgyesekben alkalmazott örökerdő-gazdálkodásra példa, a Pilisi Parkerdő Zrt. Valkói Erdészetének kezelésében lévő Dány 28A erdőrészlet, melyben kisebb csoportokban, illetve szálanként a kocsánytalan tölgy is megtalálható. A 1990-es években megbontott erdőrészletben a megjelent természetes újulatot, a környező erdőkben tapasztalt többszöri aszály- és pajorkárok miatt az erdőszet nem szabadította fel végvágással, hanem áttért a szálankénti, illetve a csoportos beavatkozásokra. Ennek köszönhetően az újulat – az erős aszályokat követő kisebb visszaesések után – határozottan fejlődni kezdett és a jelenlegi erdőkép mutatja a többkorúság kialakulását.

A kocsányos tölgyesek esetében a folyamatos borítást biztosító erdőgazdálkodást bemutató példák még ritkábbak. A Sellyei Erdészetnél 1992-ben indult kísérletben (Bürüs 2A és 5A) lékvágást alkalmaztak 0,15–0,20 ha közötti léknagysággal (Bodor és Gencsi 2001). A keletkezett lékeket bekerítették és beültették kocsányos tölgy csemetékkel. Hasonló kísérletbe vágott a Nyírerdő Zrt. Fehérgyarmati Erdészete (Tóth és Kaulák 2013), melyben megállapították, hogy az optimális lékméret 0,15–0,3 ha. A 30–35 m magasságú, a szintezettség miatt zártabb kocsányos tölgyes állományokban kialakított kisebb lékekbe nem esett megfelelő mennyiségű fény. Szintén javasolták az ellipszis alakú, ÉK–DNY felé tájolt lékek alkalmazását. A kísérletben a lékek bővítését (koncentrikus vágásokkal 2 ha körüli méretre) azzal indokolták, hogy a gyomok és az elegyfajok gyorsabb növekedése miatt a kocsányos tölgy visszaszorul. Mivel a kicsi, 0,15–0,3 ha-os lékekben az ápolási feladatot nem tartják üzemszerűen kivitelezhetőnek, ezért ezt a feladatot úgy próbálták minimalizálni, hogy a lékek bővítésével több fényt juttatnak a tölgy számára, ösztönözve növekedését. A bővítés következtében kialakuló, 2 ha-os állományrészeket ápolási szempontból elfogadhatónak tekintik. Hasonló megállapításra jutottak mások is (Szalacsi et al. 2015).

Bár hazánkban egyre több területen alkalmazzák az örökerdő gazdálkodás módszereit, hiányoznak azok a vizsgálatok, amelyek egyszerre több szempont alapján vetik össze a különböző erdőkezelési beavatkozásokat. Ezt a hiányt igyekszik betölteni az MTA Ökológiai Kutatóközpont és a Pilisi Parkerdő Zrt. kooperációjában megvalósuló két erdőökológiai kísérlet, amelyhez több kutatóműhely is csatlakozott. A 2014-ben elkezdett Pilis Üzem mód kísérlet a hagyományos vágásos gazdálkodás elemeit (vágásterület, hagyásfacsoport, egyenletes bontás) és a jelenleg bevezetés alatt álló örökerdő gazdálkodás elemeit (lékek kialakítása) hasonlítja össze. A 2018-ban indított Pilis Lék kísérlet az örökerdő gazdálkodás során alkalmazott különböző méretű és alakú lékek hatásaival foglalkozik (Ódor et al. 2020).

Az örökerdő üzemmódra vonatkozó jogszabályok megjelenésével (2020) megteremtődtek azon jogszabályi keretek, melyek ezen üzemmóddal kezelt erdők kialakítását és fenntartását lehetővé teszik; valamint – talán – hozzájárulhatnak az örökerdő (szálaló) üzemmód gazdasági, társadalmi súlyának megfelelő elismeréséhez. Az eddigi kutatások és kísérletek tapasza-

latait, a gyakorlatra vonatkozó legújabb speciális ismereteket, a hazai őshonos lomboserdőkre kidolgozott legelső örökerdő modelleket egy útmutató is összefoglalja (Csépanyi 2021).

Irodalom

- Babos I. 1954: Magyarország táji erdőművelésének alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 163 o.
- Bach I. és Bordács S. 2013: A szaporítóanyag. In: Pápai G. (szerk.) Erdőgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 359 o.
- Bach I., Frank N., Pintér B. és Bordács S. 2015: Változások az erdészeti szaporítóanyag-gazdálkodásban 1982–2014 között. (Quo vadis erdészeti szaporítóanyag-termesztés?) Erdészettudományi Közlemények 5(1): 55–69.
- Bacsó N. 1959: Magyarország éghajlata. Akadémiai Kiadó, Budapest, 302 o.
- Balsay L. 1950: A Hanság, mint erdőterület. Erdészeti Lapok 86(6): 168–173.
- Béky A. 1991–1992: Sarj kocsánytalan tölgyek fatermése. Erdészeti Kutatások 82–83(2): 181–197.
- Birck O., Kiss R., Márkus L., Solymos R. és Tallós P. 1962: A hosszúlejárátú erdőnevelési és fatermési kísérleti területek kitérésének, felvételezésének és fenntartásának irányelvei. Erdészeti Kutatások 58(1–3): 217–259.
- Bodor L. és Gencsi Z. 2001: Sík- és dombvidéki gyertyános-kocsányos tölgyesek. In: Bartha D. (szerk.): A természetszerű erdők kezelése. Átmenet a természeti folyamatokra épülő erdőkezelés felé. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, 97–109. o.
- Bondor A. és Gál J. 1976: Erdészeti szaporítóanyag-termelés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 262 o.
- Bondor A. 1972: Erdészeti szaporítóanyag előállítás. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium, Budapest.
- Bondor A. 1973. Az erdészeti szaporítóanyagtermelés fejlesztése. Az Erdő 22(4): 145–150.
- Bordács S., Nagy L., Pintér B., Bach I., Borovics A., Kottek P., Szepesi A., Fekete Z., Wisnovszky K. és Mátyás Cs. 2013: Az erdészeti genetikai erőforrások állapota és szerepe a XXI. század elején Magyarországon. Erdészettudományi Közlemények 3(1): 21–37.
- Bordács S. 1992: A tölgy szaporítóanyag-termelés változásai 1988–1991 között. Erdészeti Lapok 127(7–8): 242–243.
- Bordács S. 1993: Genetikai vizsgálatok származási körzetek kialakítása érdekében. Erdészeti Lapok 128(5): 136–137.
- Bordács S. 1995: Új, államilag minősített fajták az erdészeti fajtasortimentben. Erdészeti Lapok 130(2): 46–47.
- Bordács S. 1996: Hatósági helyzetjelentés a magtermelő állományokról. Erdészeti Lapok 131(9): 284–285.
- Bordács S. 2000: Assessing of cpDNA diversity in Hungarian oak populations and its silvicultural aspects. Glas. Sum. Pokuse (Annalae Experimentis Silvarium Culturae Provehendis) 37: 383–393.
- Bordács S., Bach I. és Pintér B. 2019: Erdészeti nemesített fajták erdősitésekhez, fásításokhoz. Vidékfejlesztési kézikönyv 2. Fajtajegyzék. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, Budapest, 83 o.
- Bordács S., Gál L., Horváth Cs. és Pintér B. 2020: A klímaváltozás negatív hatásainak csökkentése Tolnában. Erdészeti genetikai erőforrások fejlesztése a Gyulaj Zrt. területén. Erdészeti Lapok 155(12): 382–385.

- Bordács S., Némethné Kisgyörgy B., Pintér B., Bagaméry G. és Bach I. 2018. Az erdészeti fajta-kísérlet négy évtizede: 125 éves a hazai növényfajta-kísérlet. *Erdészeti Lapok* 153(3): 74–77.
- Bordács S., Wolter F., Servais A. és Gömör D. 2021: The need and purpose of forest reproductive material. In: Gömör D. et al. (szerk.): Genetic aspects in production and use of forest reproductive material: Collecting scientific evidence to support the development of guidelines and decision support tools. European Forest Institute (EFI), Barcelona, 15–20. o.
- Borhidi A. 1961: Klimadiagramme und klimazonale Karte Ungarns. *Annales Universitatis Scientiarum. Budapestensis, Sectio Biologica* 4: 21–50.
- Borsos Z. 1958: A szálaló gazdálkodás lehetőségei tölgyeseinkben. *Az Erdő* 7(4): 121–133.
- Bulla B. 1962: Magyarország természeti földrajza. Tankönyvkiadó, Budapest, 423 o.
- Csepányi P. 2021: Útmutató az örökerdő üzemmódú erdőkben az örökerdő kezelési terv elkészítéséhez, a gazdálkodás hatósági ellenőrzéséhez, továbbá a körzeti erdőtervezés során az erdőtervek készítéséhez. 2., átdolgozott változat, http://www.nfk.gov.hu/Erdeszet_Nyomtatvanyok_news_303
- Gömör D., Himanen K., Tollefsrud M. M., Uggla C., Kraigher H., Bordács S., ... és Bozzano M. 2021: Genetic aspects in production and use of forest reproductive material: Collecting scientific evidence to support the development of guidelines and decision support tools. European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), European Forest Institute, 216 o.
- Danszky I. (szerk.) 1963: Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési irányelvei és eljárásai I-VI. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest.
- Danszky I. (szerk.) 1973: Erdőművelés. I. Erdőfelújítás, erdőtelepítés, fásítás. Irányelvek, eljárások technológiák, II. Erdőnevelés, erdővédelem. Irányelvek, eljárások, technológiák. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest, 923 o. + 418 o.
- Fekete L. 1899: Az erdők felújítása kapcsolatban azok rendszeres kihasználásával. Néptanítók, községi előjárók és kisbirtokosok számára. Országos Erdészeti Egyesület, Budapest.
- Finta I., Marjai Z. és Markhó J. 1964: Gépesített nyármag-pergetés. *Erdészeti Kutatások* 60(1–3): 157–170.
- Frank N. és Lett B. 2020: Quo vadis erdészeti szaporítóanyag-termesztés? II. (Erdészeti szaporítóanyag-termesztés a II. világháború után). *Erdészettudományi Közlemények* 10(1):55–66.
- Frank N. 2012: A szálaló és átalakító üzem mód erdőművelési kérdései. In: Lett B. és Schiberna E. (szerk.): Múlt és jövő III. A folyamatos erdőborítás gazdálkodói szemmel. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 6–12. o.
- Führer E. (szerk.) 2017: Magyarország erdészeti tájai. I. Nagyalföld Erdészeti Tájcsoport és II. Északi-Középhegység Erdészeti Tájcsoport. NÉBIH, Budapest, 972 o. és 574 o.
- Führer E. (szerk.) 2019: Magyarország erdészeti tájai. III. Dunántúli-Középhegység Erdészeti Tájcsoport és IV. Kisalföld Erdészeti Tájcsoport. NFK, Budapest, 778 o. és 339 o.
- Führer E., Rédei K. és Tóth B. (szerk.) 2003: Ültetvényszerű fatermesztés 1. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 210 o.
- Führer E., Rédei K. és Tóth B. (szerk.) 2008: Ültetvényszerű fatermesztés 2. Agroinform Kiadó, Budapest, 267 o.
- Gál J. és Káldy J. 1977: Erdősítés. Akadémiai Kiadó, Budapest, 639 o.
- Halász A. 1982: Tervgazdálkodás. In: Keresztesi B. (szerk.): Magyar erdőszet 1954–1979. Akadémiai Kiadó, Budapest, 65–91. o.
- Halász G. (szerk.), Bartha D., Bidló A., Berki I., Király G., Koloszar J., Mátyás Cs. és Vig P. 2006: Magyarország erdészeti tájai. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest, 154 o.

- Istvánffy J. 1950: A Hanság. Erdészeti Lapok 86(2): 62–64.
- Járó Z. 1962: Fontosabb fafajaink elterjedése. Az Erdő 11(1): 7–22.
- Kaán K. 1905: Erdőgyérítés. Erdészeti Lapok 44(8): 623–680.
- Kaán K. 1921: Szálalóvágásos gazdaság lomberdőben. Erdészeti Lapok 60(23–24): 423–431.
- Kézdy P. és Bordács S. 1998: Az olasz tölgy ökológiai szerepe és jelentősége. Erdészeti Lapok 133(1): 15–17.
- Király P. 2017: Két új „sötét kötésű” könyv. Erdészeti és Faipari Híradó 27(4): 24.
- Kollár T. és Borovics A. 2022: A magyarországi hosszú lejárátú erdészeti tartamkísérleti hálózat fenntartásának korszerű irányelvei, adatfeldolgozási módszerei és legfontosabb eredményei. Erdészettudományi Közlemények 11(1): 95–114.
- Koloszár J. 2013: A Roth-féle szálaló erdő története. 1936 és 2011 közötti időszak. Sopron, 60 o.
- Kolozs L. és Veperdi G. 2012: Élőfakészlet- és növedékmeghatározás a szálaló, illetve átalakító üzemmódú erdőkben egyváltozós fatérfogatfüggvény alkalmazásával. Erdészettudományi Közlemények 2(1): 21–34.
- Kreybig L. 1953: Az agrotechnika tényezői és irányelvei. Akadémiai Kiadó, Budapest, 518 o.
- Láng G. 1870: A szikes föld. Erdészeti Lapok 9(7): 278–283.
- Madas L., Koloszár J. és Csépanyi P. 2005: A vágásos erdőből a szálalóerdőbe. Szálalás és szálalóvágás fogalmak értelmezése, szálalóerdő kialakításának menete, újabb fogalmak. Erdészeti Lapok 140(9): 265–267.
- Magyar P. 1960: Alföldfásítás I-II. Akadémiai Kiadó, Budapest, 575 o. + 622 o.
- Majer A. 1957: Az erdőnevelési kutatás fejlesztéséről. Az Erdő 6(11): 422–426.
- Marjai Z. 1988: Az akácmag-gazdálkodás problematikája. Az Erdő 37(6): 274–275.
- Mátyás Cs. 2006: Előszó. In: Halász G. (szerk.) 2006: Magyarország erdészeti tájai. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest, 6. o.
- Mátyás V. 1958: Erdészeti maggazdálkodási utasítás. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 179 o.
- Molnár D. és Frank N. 2015: Emlékerdő lesz a Roth-féle szálalóerdő. Erdészeti Lapok 150(2): 38–39.
- Ódor P., Tinya F., Kovács B., Aszalós R., Bidló A., Boros G., Csépanyi P., Elek Z., Farkas V., Horváth Cs. V., Németh Cs., Soltész Z., Samu F., Sass V., Simon L., Szenthe G., Tóth B. és Vadas Á. 2020: Különböző erdészeti beavatkozások termőhelyre, biodiverzitásra és felújulásra gyakorolt hatása gyertyános tölgyesekben. Beszámoló egy 5 éve indult erdőökológiai kísérlet eredményeiről. Erdészeti Lapok 155(1): 8–12.
- Palotay I. 1965: Fatömeg-tarifák. Az Erdő 14(9): 385–388.
- Pápai G. (szerk.) 1995: Erdőgazdák könyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 478 o.
- Pápai G. (szerk.) 2013: Erdőgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 359 o.
- Papp L. 1964: Az idős fák alatti csemetekert mikroklímatis viszonyai. Erdészeti Kutatások 60(1–3): 195–213.
- Roth Gy. 1923: Az erdőművelés mai céljai és feladatai. Erdészeti Lapok 62(6): 201–218.
- Roth Gy. 1958: A szálaló erdőről. Erdészettudományi Közlemények 1958(1): 49–63.
- Solymos R. 2000: Erdőfelújítás és -nevelés a természetközeli erdőgazdálkodásban. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Solymos R. 2006: Századunk erdőstratégiai célja és feladata. Erdészeti Lapok 141(5): 135–137.
- Solymos R. 2013a: Hosszú lejárátú kísérletek az erdészettudományi kutatások területén I. Erdészeti Lapok 148(2): 37–39.

- Solymos R. 2013b: Hosszú lejáratú kísérletek az erdészettudományi kutatások területén II. Erdészeti Lapok 148(3): 72–73.
- Soó R. 1962: Növényföldrajz. Tankönyvkiadó, Budapest, 157 o.
- Sopp L. 1970: Fatömegszámítási táblázatok. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 361 o.
- Sopp L., Adorján J., Béky A., Birck O., Dérföldi A., Fadgyas K., Faragó S., Fekete Z., Gabnai E., Halupa L., Király L., Kiss R., Kovács F., Márkus L., Mendlik G., Palotás F., Somogyi Z., Solymos R., Szodfridt I. és Tuskó L. 2013: Fatömeg számítási táblázatok. 4., változatlan kiadás. Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Erdészeti Igazgatóság, Budapest, 271 o.
- Stefanovits P. 1956: Magyarország talajai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 252 o.
- Szalacsi Á., Veres Sz. és Király G. 2015: Adatok a síkvidéki gyertyános-tölgyesek erdőműveléséhez: lékes felújítógátás alkalmazásának gyakorlati tapasztalatai és növényzeti hatásai a Szatmár-beregi síkon. Erdészettudományi Közlemények 5(1): 85–99.
- Szánthó I. 1949: Erdőgazdaságunk éghajlati adottságai. Erdészeti Kísérletek 49(1–4): 63–120.
- Tollefsrud M. M., Alizoti P., Friis Proschowsky G., Frank A., Sperisen C. és Bordács S. 2021: Regeneration strategies – choosing forest reproductive material in the context of climate change. In: Gömöry D. et al. 2021. Genetic aspects in production and use of forest reproductive material: Collecting scientific evidence to support the development of guidelines and decision support tools. European Forest Institute (EFI), Barcelona, 121–126. o.
- Tóth B. et al. 1972: Szikések fásítása. Akadémiai Kiadó, Budapest, 266 o.
- Tóth J. és Kaulák G. 2013: A szatmár-beregi kocsányos tölgyesek erdőgazdálkodási tapasztalatai. In: XXI. Kutatói nap: Tudományos eredmények a gyakorlatban. Alföldi Erdőkért Egyesület, 32–38. o.
- Török A. 2006: Bükkösök erdőfelújítása az égtájorientált felújítási rendszer tükrében. Bakonyerdő Erdészeti és Faipari Zrt., Veszprém, 148 o.
- Vadas J. 1898: Erdőműveléstan. Országos Erdészeti Egyesület, Budapest, 711 o.

Silviculture

Silviculture, which deals with the production of reproductive material for afforestation, the construction and maintenance of afforestation, and the cultivation, management, renovation and transformation of forests, has undergone a significant transformation in the past 100 years. The replacement of forest areas lost as a result of the peace treaty of after World War I with various types of afforestation, the social change after World War II, and the planting of pine and poplar cultivars greatly changed the that time direction of forest management. The change of regime, and then the climate change that was becoming more and more perceptible in the 2000s, shifted the focus of forest management towards the protection and preservation of continuous forest cover on the one hand, and it continues to play an important role in timber supply and job creation. COVID-19 showed the hitherto lesser-known, exploited aspects of the public welfare and social function of forests on the other hand. Due to climate change that is already present in everyday life, forestry is facing challenges that are not even known for the future.

Prior to WW II, the vast majority of forests were privately owned, so the way forests were managed was largely driven by individual interests. Unified forest management

objectives and guidelines, in compliance with them was almost out of the question, respectively the main economic objectives such as firewood production and hunting, and to a lesser extent agricultural timber production. The post-war nationalization, afforestation and the restoration of the continuity of timber production required the modernization of silviculture, based on general knowledge of forest and site typology and specific knowledge of special production sites (bare land, food plains, saline land, etc.). application. Along these modern principles, the forest landscape classification used today has been developed. The beginning of the research of forest reproductive material can be dated to the beginning of the joint work of Jenő Vadas and Gyula Roth. In 1904, at the suggestion of Jenő Vadas, Gyula Roth moved to Banská Štiavnica, the center of the forestry experimental station, where he began to study, among other things, the germination and viability of seeds. Within this, it intended to play a key role in the treatment and sowing of Black locust seeds. After moving the college to Sopron, the seedling gardens and experimental areas in and around Banská Štiavnica ceased to exist, and around this time the focus of his research in Sopron also shifted significantly towards forestry. Due to the prominence of close-to-nature forest management, research and studies related to intensive seedling production have practically ceased by the turn of the millennium. The decline in the demand for improved propagating material has pushed back the cultivars certification, including the testing of cultivars. In addition to cultivars experiments and the selection of suitable varieties for the place of production, the use of high-quality propagating material together determine the suitability of afforestation propagating material. In the period following the change of regime, the selection of seed-producing stocks came to the fore again, and the role of research and development related to their management increased. Ex-situ and in-situ gene conservation of forest tree species is also organically linked to the production of forest reproductive material, as the results of gene conservation can be used directly in the use of propagating material. The latest challenge for propagating material research is to mitigate the adverse effects of climate change and its effects on the natural environment, especially forests, and to select the tolerant origins of domestic species and their related species and to prepare for their practical application.

The guidelines for silvicultural practices in the 1950s followed the principles of “early, often, moderately” by Carl Heyer. Its basic feature was to expand the growth area and promote the growth of the most valuable trees selected. This gradually made it possible to increase the time of return and the principle of “early, often, more vigorously” emerged. Stronger interventions were justified by mechanization and economic considerations. The next period was characterized by the “late, rarely, heavily” principle, based on experiments in afforestation networks, in which the aim was to reduce the date of the first growing crops to the age when the trees were harvested, industrial wood could also be produced from pre-use wood. With regard to methods of silvicultural treatments, opinions have been published since the end of the 1940s, based in part on research and observations, which called for selective cutting (later called: continuous cover forestry, or Dauerwald in German) to be given priority. From the middle of the 1950s, research on the natural reforestation of various tree species and their results appeared in the

Hungarian professional press. Although the methods of continuous cover forestry are used in more and more areas in Hungary, there is a lack of studies that compare different forest management interventions based on several aspects at the same time. With the publishing of law on the continuous cover forestry, a legal framework has been created to allow the establishment and maintenance of forests managed by this silvicultural system; and, perhaps, contribute to the appropriate recognition of the economic and social weight of the continuous cover forestry. The experience of the research and experiments so far, the latest special knowledge about the practice, and the very first continuous cover forestry's models developed for the native deciduous forests of Hungary are also summarized in a guideline.

ÜLTETVÉNYES FATERMESZTÉS

Bevezetés

Rédei Károly és Keserű Zsolt

A Föld erdővel borított területének több mint 7%-át (megközelítőleg 275 millió hektárt) alkotják az ültetvényszerűen művelt (kezelt) erdők (plantation forests) és a különböző célú faültetvények (tree plantations). Ebből mintegy 140 millió hektáron fenyőfélék és lágy lombos fafajok (pl. nyárfélék), megközelítőleg 135 millió hektáron pedig kemény lombos fafajok (pl. akácfélék, eukaliptusz-félék stb.) tenyésznek. Magyarországon az ültetvényszerű, nagyjából exóta (idegen földrészekről származó) fafajokból álló erdők és faültetvények területe napjainkban megközelíti a 760 ezer hektárt (az összes faállománnyal borított terület 38%-át). Az ebben a gazdálkodási módban számba jöhető két legfontosabb fafaj, illetve fafajcsoport (akác és a nemes nyár fajták) területe mintegy 570 ezer hektárt teszi ki. Jelentőségük az elkövetkező évtizedek erdőtelepítési programjában tovább növekszik majd. A prognózisokban szereplő 400 000–700 000 hektár, korábban mezőgazdasági növénytermesztéssel érintett földterület erdőtelepítéssel történő potenciális hasznosítása során az említett fafajok részaránya a 40%-ot is meghaladhatja. Ezen erdőtelepítési lehetőség kiaknázásával hazánk erdőszülsége elérheti akár a 27%-ot is (Rédei 2020).

Az ültetvényes fatermesztés technológiai sajátosságai

Rédei Károly és Keserű Zsolt

Az ültetvényes fatermesztés meghatározott célválaszték előállítására irányuló, a természetes vagy természetszerű erdősítésektől eltérő, döntően gyors növekedésű fafajok felhasználásával létrehozott erdősítés. Az ültetvényes fatermesztés elsődleges célja nagy mennyiségű, iparilag jól hasznosítható faanyag előállítása, de ritkábban alacsonyabb rendű ipari választékok (karó, mezőgazdasági szerfa stb.) termesztése is cél lehet. Jellemzője az intenzív, rendszerszemléletű, belterjes termesztési technológia, nemesített (szelektált) ültetési anyag felhasználása, a természetszerű erdőkhöz képest lényegesen rövidebb termesztési időtartam, valamint a minél nagyobb tiszta jövedelem előállítására, minél rövidebb termesztési időtartamon belül, minél kisebb befektetéssel és kockázattal.

A speciális rendeltetésű ültetvényekhez tartoznak a magtermesztő ültetvények (plantázatok) is, amelyek telepítése hazánkban több évtizedre tekint vissza. Ugyancsak ide sorolhatjuk a mezőgazdasági és kommunális szennyvizek elhelyezésére szolgáló öntözéses faültetvényeket, valamint a nemes nyár és akác iparifa ültetvényeket is.

Az ültetvényes (ültetvényeszerű) fatermesztés meghatározása szakmai körökben távolról sem egységes – itthon és külföldön egyaránt –, sőt a lényegét tekintve is sok a fogalmi többértelműség. Az egyik szélsőséges megfogalmazás minden nem természetes eredetű, tehát mesterségesen létrehozott erdőt (mint kultúrerdőket) válogatás nélkül eleve az ültetvényeszerű fatermesztés körébe sorol. A másik szélsőséges felfogás szerint az ültetvényes (ültetvényeszerű) fatermesztés alapvető jellegzetessége valamilyen célválasztéknak iparszerű módszerekkel nagyüzemi mennyiségben, egységes minőségben, „hasznos” határidőn belül való előállítás, a tőkebefektetés minél nagyobb és biztonságosabb profithozama mellett.

A magyarországi erdészeti szakirodalomban az egyik legkorábbi idevágó fogalom-meghatározást Solymos Rezső adta a Danszky István szerkesztésében kiadott Erdőművelés II. kötetben (Danszky 1974). Solymos itt az erdőművelési feladatok (vagyis a kezelés) tekintetében tesz különbséget természetszerű erdők, ültetvényeszerű erdők, valamint faültetvények között. Meghatározása szerint a természetszerű erdők többnyire elegyesek, és természetes úton keletkeznek.

Az ültetvényeszerű nyárfatermesztés legpontosabb meghatározása Tóth Béla nevéhez fűződik (Halupa és Tóth 1988). Megfogalmazása szerint az ültetvényeszerű fatermesztés alapvető jellemzője kell, hogy legyen a termőhely és a fajták kellő összehangolása, a fatermést fokozó és a termés biztonságát növelő műveletek rendszeres és következetes alkalmazása. E két lényeges kapcsolatszerkezeten alapulva a termesztéstechnológiai



Tóth Béla kísérleti parcella azonosítása közben

előírások szigorú betartásával a termőhelyben és az adott nyárfajtában rejlő fatermési potenciál maximális érvényre juttatására törekszik. Gazdasági célja, rendeltetése a fatermesztés technológiai színvonalának olyan mértékű emelése, amely adott nagyságú területen, s az ökológiai feltételek szabta határokon belül a legnagyobb fatermést és ebből következően a legnagyobb tiszta jövedelmet eredményezi, minél rövidebb időtartamon belül, ugyanakkor minél kisebb befektetéssel és kockázattal. Minden esetben – hasonlóan a mezőgazdasági kultúrákhoz – intenzív termesztéstechnológiai műveletsort feltételez (teljes talajelőkészítés, jó minőségű ültetési anyag, tápanyagpótlás, öntözés, növényvédelem stb.). Az ültetvényeszerű fatermesztés a faállomány nevelésnek egy speciális módszertana.

Magyarországon az ültetvényeszerű fatermesztés felfuttatását döntően a II. világháborút követő fahiány kényszerítette ki, mindenekelőtt a gyorsan növő fafajok termesztésének előtérbe állításával (Gál és Káldy 1977). Erre nagy szükség volt azért is, mert a szigorú faanyag-takarékossági rendeletek ellenére is folyton növekvő fafelhasználás abban az időben az őshonos fafajú erdők létét nagymértékben fenyegette. A gyorsan növő nemes nyárok és az akác termesztésének felkarolása – az elkövetett termesztési technológiai és termőhely-választási hibák ellenére is – viszonylag rövid idő alatt a fafelhasználást az őshonos fafajú erdők felől egyre fokozódó mértékben a gyorsan növő fafajok fatermesztő ültetvényei felé terelte.

A Magyar Tudományos Akadémia Erdészeti Bizottsága 1998-ban munkaanyagot állított össze egyes erdészeti szakkifejezésekre és magyarázatokra vonatkozóan (Führer et al. 2009). Ez az anyag a „faültetvényekre” (fatermesztő ültetvényekre) a következő értelmezést adja: „a kultúrerdők speciális esetét képviselik; jellegzetes klónozott szaporítóanyaggal, a természeteszerű erdőknél rövidebb termesztési időtartamban, intenzív műveléssel fenntartott telepítések”. Az „ültetvényeszerű erdők” címszó alatt pedig ez a magyarázat olvasható: „jellegzetesen idegenföldi (exóta), tájidegen vagy nemesített szaporítóanyaggal létesülnek. Ide sorolandók azok az őshonos fajokkal létesített állományok is, amelyek a természetesség jegyeit nélkülözik (egyetlen fafaj, hiányzó cserjék, bolygatást jelző lágyszárúak túlsúlya), illetve természetes úton nem újíthatók fel.”

Ma már tárgyilagosan és egyértelműen megállapítható, hogy az ültetvényeszerű fatermesztés révén országunkban az elmúlt évtizedek során hatékonyan sikerült visszaszorítani az őshonos fafajú erdők túlhasználatát. Az ültetvényeszerű fatermesztésnek ez a szerepe a továbbiakban sem fog csökkenni. A gazdasági fejlődés mai és jövőbeli szintjén azonban elsősorban e termesztési mód jövedelmezőségi viszonyai lesznek a meghatározók.

Az ültetvényes fatermesztés jellemző alkalmazási területei

Nemes nyár és akác ipari célú faültetvények

Nagy Imre

Az ültetvényes gazdálkodás fejlesztése és arra alapozott feldolgozóipar jövője érdekében új megoldásokat kell keresni. Az egyik nagy jövő előtt álló lehetőséget az ipari célú faültetvények szélesebb körű elterjesztése jelenti, amely egyúttal mezőgazdasági módszerekkel történő kezelést is magában foglaló magas színvonalú munkakultúra meghonosítását is eredményezi. A mezőgazdaságban megszokotthoz képest alacsonyabb termelési kockázat mellett folyamatosan növekvő piaci kereslet tapasztalható az így megtermelt fa alapanyagra. Az ilyen típusú ültetvény további előnye, hogy egy sor olyan termőhely hasznosítását teszi lehetővé, amelyet eddig nem tudtunk a mezőgazdaság számára jöve-

delmezően megművelni. Ezt az igen intenzív termesztési módot részben a magánszektor, részben az ipari felhasználók igénye hozta létre. Területükön kifejezetten mezőgazdasági jellegű tevékenység folyik, aminek a végterméke különleges célú ipari fafeldolgozások alapanyaga. A faanyag forgalmazási előírások kivételével nem tartoznak az Erdőtörvény hatálya alá, a keretfeltételeket a fásszárú ültetvényekről szóló 135/2017. (VI. 9.) Korm. rendelet rögzíti.

A nemes nyárak lemezipari feldolgozása, hámozása a magyar prímér faipar kiemelt jelentőségű szegmense. A 100 000 ha-t meghaladó területű erdőszerű, hagyományos nemes nyár gazdálkodás a belső elemként használt 2,5 mm-es vakfurnér alapanyagával ellátja a hazai feldolgozó ipart és export csatornáit is bejártatták. Ugyanakkor a hagyományos nevelési technológia alkalmatlan a valóban nagy értéket képviselő, a 0,9 mm-es, fedőréteget adó fehér színfurnér alapanyagának előállítására (Nagy 2014).

A legnagyobb, megközelítőleg 495 ezer ha térfoglalású fafajunk az akác, és az akác-gazdálkodást tekintve nemzetközi szinten is kiemelkedő kutatási-gyakorlati eredményekkel bírunk (Rédei 2020). Az elmúlt két évtizedben 100 000 ha-os nagyságrendben telepítettük a fafajt. Ezzel együtt az iparifa ültetvények speciális céljait szolgáló technológiákról, a lehetséges termelési módokról és a gazdálkodás eredményességéről ismereteink hiányosak. Elsősorban a feldolgozó iparnak a hagyományos választéktól eltérő alapanyag igénye, valamint a „szokásos”, 35 éves vágáskorral szemben alkalmazható maximum 20 éves fordaidő a klasszikus erdőtelepítésekhez képest új szemléletet követel meg (Nagy és Kámpel 2020).

A korábbi erdőtelepítések jó termőhelyein a 20 éves állományokat elemezve kijelenthető, hogy magas értékű szíjacsmart oszlop választék nagyobb tételben még kommersz származású szaporítóanyag felhasználásakor is képződni fog. A szíjacsmart oszlop választék magyarországi előállítása az utolsó 10 évben lendületet vett. Egyelőre az export piacok felvevőképessége korlátlanul tűnik (Nagy és Kámpel 2020).

A célválasztékon felül az oszlop és egyéb iparifa alapanyag hazai felhasználása is biztosított, az ültetvényeken energetikai választékok csak kis tételben képződnek. A kevés gyakorlati tapasztalat miatt az akác ipari célú faültetvények létesítése kapcsán a termelők egyelőre várakozó álláspontra helyezkedtek.

Az ültetvényes fatermesztés, ezen belül az iparifa célú faültetvények létesítése elsősorban az egyre növekvő faanyagigény kielégítését célozzák. Ezen túlmenően hozzájárulnak a környezet-, illetve a tájfejlesztéshez, a légköri széndioxid-körforgalom előnyös szabályozásához, a különböző légszennyeződések szűréséhez, és egyúttal a klímaváltozás káros hatásainak mérsékléséhez.

Az ökológiai adottságok teljes körű ismerete, korszerű új fajták köztermesztésbe vonása, új termesztéstechnológiák kidolgozása és gyakorlatba történő bevezetése, valamint a teljes termesztési ciklus zöld beruházási szemléletű jövedelmezőségi vizsgálata alapozza meg az ültetvényekben rejlő lehetőségek teljes körű kiaknázását. Ehhez további innovációs együttműködésekre van szükség a tudományos műhelyek és gyakorlati hasznosítók között.

Energetikai célú faültetvények

Borovics Attila és Benke Attila

A sarjzatatos típusú fás szárú energetikai ültetvények kísérleti telepítése, vizsgálata az 1970-es évek második felében indult meg Magyarországon, az Erdészeti Tudományos Intézetben (későbbiekben ERTI), Halupa Lajos vezetésével. A korai vizsgálatok tárgyát az adott termőhelynek leginkább megfelelő, vagyis a legmagasabb dendromassza hozamra képes faj és fajta kiválasztása, valamint a leggazdaságosabb termesztés-technológia meghatározása képezte (Halupa 1989; Halupa és Rédei 1990). A témakör vizsgálatába az ERTI mellett az akkori Erdészeti és Faipari Egyetem is szervesen bekapcsolódott, ahol Marosvölgyi Béla vezetésével folytak gépesítési, energetikai és termesztés-technológiai kísérletek az 1990-es évek elejétől kezdődően (Marosvölgyi 1990, 1999). Igazi lendületet az ültetvényekkel foglalkozó kutatások ugyanakkor 2007-től kezdve vettek, ebben az évben jelent meg ugyanis a rövid vágásfordulójú fás szárú energiaültetvények telepítéséhez igénybe vehető támogatásról szóló jogszabály, ami jelentős mértékben hozzájárult az ültetvénytípus ismertségének, elterjedésének, ezáltal a velük kapcsolatos kutatási eredmények iránti igény növekedéséhez. Az erre az időszakra már hagyományosnak tekinthető fajtaösszehasonlítást és termesztéstechnológia-fejlesztést célzó kutatások mellett megjelentek az ültetvények pénzügyi értékelésével foglalkozó vizsgálatok, illetve az azok eredményeit taglaló tanulmányok is (Marosi György – ERTI, Csipkés Margit – Debreceni Egyetem; Marosi és Máyer 2008; Csipkés és Nagy 2010). Az ERTI és a Nyugatmagyarországi Egyetem mellett számos agrár felsőoktatási intézmény is bekapcsolódott a kutatásokba, így a már említett Debreceni Egyetem (Bai Attila), a Corvinus Egyetem (Szajkó Gabriella), a Kaposvári Egyetem (Posza Barnabás), a Pannon Egyetem (Németh Kornél), a Szent István Egyetem (Tóvári Péter), valamint a Károly Róbert Főiskola (Gergely Sándor) (a teljesség igénye nélkül: Bai és Sipos 2007; Szajkó et al. 2009; Posza és Borbély 2017; Németh 2011; Tóvári 2013; Gergely et al. 2012).

A telepítéshez igénybe vehető támogatás megszűntével a sarjzatatos típusú energetikai ültetvények iránti érdeklődés jelentősen mérséklődött. Talán ezzel is összefüggésbe hozható az a tény, hogy a közelmúltban folytatott kutatások jelentős többsége ismét az ERTI és immár Soproni Egyetem keretein belül folyt. E kutatások a már klasszikusnak tekinthető termesztés-technológiai fejlesztések mellett (Kovács et al. 2020; Bach et al. 2016; Bakti és Rásó 2018; Rédei et al. 2013) foglalkoztak többek között telepítési technológiák munkarendszer vizsgálatával (Benke et al. 2016), különböző tápanyagutánpótlási módszerek hatékonyságának elemzésével (Szabó 2017), ültetvények SWOT analízisével (Vágvölgyi és Szalay 2019), a faanyag kéregtartalmának energetikai jelentőségével (Szalay et al. 2020), valamint ültetvények gazdasági modelljének vizsgálatával (Schiberina et al. 2021). E kutatásokban – a teljesség igénye nélkül – részt vettek: Bach István, Bakti Beatrix, Benke Attila, Borovics Attila, Csiha Imre, Heil Bálint, Heilig Dávid, Kamandiné Végh Ágnes, Kámpel József, Keserű Zsolt, Kovács Gábor, Papp Viktória,

Pogrányi Kálmán, Rásó János, Rédei Károly, Schiberna Endre, Szabó Gábor, Szabó Orsolya, Szalay Dóra, Tóvári Péter, Vágvolgyi Andrea.

A sarjaztatásos technológiával művelt energetikai ültetvények kutatása terén az elmúlt évtizedekben tapasztalt intenzitás a közeljövőben vélhetően csökkenni fog, ugyanakkor új kutatási irányok feltűnése is várható. Ilyen például az ültetvényekben megtermelt, alacsony minőségű faapríték innovatív felhasználási módjainak vizsgálata, illetve új faipari termékek fejlesztése lehet, ami az alapanyagot érintő keresleti oldal bővülése által az ültetvények jövedelmezőségét is kedvezően befolyásolhatja.

Szennyvíztisztító faültetvények

Frank Norbert

A szennyvizek öntözéssel történő hasznosítása, elhelyezése egyidős a települések csatornarendszerének kialakulásával. A 18. században, Európa akkortájt legjobban iparosított országában, Angliában indultak meg az első próbálkozások a szennyvizek öntözéssel felhasználására.

Magyarországon 1959-ben kezdődtek meg azok a kutatások, melyek a szennyvizek mezőgazdasági hasznosítására, illetve faültetvényeken való elhelyezésére irányultak. Ugyanebben az évben létesült hazánk első szennyvízöntözéssel nyárfaültetvénye, a Debreceni Kísérleti Szennyvízöntöző Telepen, majd 1963-ban a Pesterzsébeti Szennyvízöntöző Telep került kialakításra, de az 1960-as évek második felében Cegléden, Zalakaroson is létesítettek ún. nyárfás szennyvízelhelyezési technológiai modelltelepeket.

A kutatások és kísérletek alapján a faültetvényes hasznosításra tekintettel kétféle szennyvíztisztító, -elhelyező és -hasznosító rendszer javasolható (Vermes 1983):

- mechanikai tisztítás és rövid idejű átmeneti tárolás után a szennyvíz egész évben ültetvényekre történő kijuttatása, ún. nyárfás elhelyező rendszer (Gyula Városi Szennyvíztisztító és Elhelyező Rendszer);
- mechanikai tisztítás és rövid idejű tárolás után a szennyvizet részben évelő és egyéves növénytermesztésre kialakított szántóföldi területre, részben cellulóznyszer ültetvénye juttató, ún. kombinált elhelyező-hasznosító rendszer (Kecskeméti Városi Szennyvízelhelyező és Hasznosító Rendszer).

Az Erdészeti és Faipari Egyetem Hernádon, 1977–1980 között végzett kísérletei az mutatták, hogy az iszapkezelés szignifikáns fatérfogat-többletet eredményezett az 'I-214' nemes nyár esetében, hasonlóan a Kiskunhalason létesült kísérlethez. A több évtizedes szennyvízöntözés ellenére a talaj szerkezete, fizikai és kémiai jellemzői kedvezőtlen irányban nem változtak, viszont a talajvizsgálati adatok szerint a talajban a kicserélhető nátrium és magnéziumion, az összes só és a szénsavas mészsav mennyisége a kimosódás következtében csökkent (Halupa 2008).

A kísérletek eredményei szerint a szennyvíztisztító ültetvények létesítése előtt szükséges megvizsgálni a talaj vízkapacitását, vízvezető képességét, a vízháztartási mérlegét,

a szűrő és tisztító képességét, a talajvízszint elhelyezkedését és időszakos mozgását, és a kihelyezendő szennyvíz összetételét.

Tompa (1991) vizsgálatai alapján a szennyvíztisztításban nem a fa, hanem a talaj játsza a döntő szerepet. A fára a víz és a tápanyag hasznosítás, a víz elpárologtatása, a rendezett felület, a szag szűrése, a szél csökkentése, a talajélet javítása miatt van szükség.

A kistelepülések szennyvízhálózatának részbeni hiánya, valamint a rövid vágásfordulójú faültetvények esetleges további térnyerése következtében a folyékony települési hulladékok ártalommentes elhelyezésére a szennyvíztisztító faültetvények a jövőben is megfelelő megoldást jelenthetnek.

Agrárerdészeti rendszerek

Az agrárerdészeti rendszerek jellemzői

Borovics Attila és Keserű Zsolt

Az agrárerdészet (agroforestry) fogalma általánosságban a fás kultúráknak a mezőgazdasági növénytermesztéssel és/vagy állattartással való harmonikus, együttes fenntartását, illetve a velük való együttes gazdálkodást jelenti. Közös elnevezése egy olyan földhasználati rendszernek, amelyben a folyamatosan fenntartandó fás kultúrákat tudatosan integrálják a mezőgazdasági növénytermesztés vagy állattartás tevékenységébe ugyanazon földterületen.

Az agrárerdészetről napjainkban viszonylag kevés ismerettel rendelkezünk, pedig valójában egy olyan, sok évszázada alkalmazott mezőgazdasági termelési rendszer, amely Európa számos országában, így Magyarországon is ismert volt már a középkorban, a világon sokfelé pedig a múltban és ma is egyaránt alkalmazott termelési eljárás. Ennek a termelési módnak hazánkban is nagy hagyományai voltak – bizonyos szempontból ide sorolható az ártéri gazdálkodás, a makkoltató sertéstartás, vagy a nem ültetvény jellegű szelídgesztenyések, de igazán elterjedt és sokszínű agrárerdészeti rendszerek a Földközi-tenger térségében, és ezen belül is leginkább Franciaországban és Marokkóban alakultak ki és maradtak fenn napjainkban is (Gyuricza és Borovics 2018).

Jellemzői:

- sajátos növényi (fás és szántóföldi, kertészeti, gyümölcs) kultúra-szerkezet sok esetben állattartással kiegészítve,
- fenntarthatóság,
- egységnyi területen megnövekedett termőképesség és ebből következő jövedelmezőség,
- kulturális, szociális alkalmazhatóság.

**Agrárerdészeti termesztési technológiák a gyakorlatban
(mezővédő erdősávok, együttes mezőgazdasági növény- és fatermesztés,
fás legelők)**

Borovics Attila, Frank Norbert, Rásó János és Keserű Zsolt

Európában az agrárerdészeti rendszerek három, hagyományosnak mondható formáját különítjük el, igaz országonként eltérő mértékben, területi kiterjedéssel és termesztési kultúra-színvonallal:

- fasorok, fás és/vagy cserjés védősávok (hedgerows) létesítése és fenntartása,
- erdei legeltetés (forest grazing), valamint
- fás és mezőgazdasági kultúrák együttes fenntartása és művelése (tree/crop mixtures).

E rendszer osztályai között nem mindig húzható éles határvonal, hiszen a magán földtulajdonosok szakmai és gazdasági érdekei saját földterületük nyereséges művelése érdekében sokféle kombinációjú és összetevőjű termesztési technológiát eredményezhetnek.

A *mezővédő erdősávok* kedvező hatásainak felismerése hazánkban már a 19. század elején ismert volt, amikor a Fenyőfő–Bakonyzentlászló futóhomokos területein egy 10–10 sorosból álló fűz erdősávot létesítettek a szomszédos szántóföldek védelme érdekében. Hasonló célból létesült 1827–1834 között a pusztavacsi, 1830–1848 között a mezőhegyesi erdősávrendszer. A mezőgazdasági területek védelme érdekében Széchenyi István is kifejtette véleményét: „Roppant legelőink, valamint tág gabonás mezeink igen nagy fogyatkozása a minden árnyék nélküli s igen nyílt lét. Fák ültetése részint legelőink javítása, részint mezeink oltalmazása a nagy szelektől, ha valahol – valójában nálunk áll napirenden.”

A 2. világháború előtti időszakban erdősávok létesültek még Mosonszentjános, Nyírvasvári, Szentkirály, Csokonyavisonta községek határában, valamint a Nagybereken.

A mezővédő erdősávok létesítésének előretörése, valamint az ezzel kapcsolatos kutatómunkák megkezdése az 1950-es évek elején indultak. Gál János és Tihanyi Zoltán, a Soproni Egyetem jogelődjeinek oktatói vezetésével egyrészt megkezdődött a még fellelhető erdősávok felmérése, másrészt egy olyan részletes kutatási terv kidolgozása vette kezdetét, amely lehetővé tette, hogy a 2000-es évekre mintegy 16 000 ha mezővédő erdő elsődleges rendeltetésű erdőrészlet legyen hazánkban. A kutatásaik célkitűzései többek között az alábbiak voltak: a mezővédő erdősávok hatásai a szél sebességére, a levegő és a talaj hőmérsékletére, a légnedvességre, az evaporációra, a talaj nedvességére és az eső, valamint a hó eloszlására. Mindezekben túl vizsgálták erdősávok ún. kedvezőtlen hatásait is, mint az árnyékhatást, a gyökérkonkurenciát, a hőkatlanok kialakulását. Kiemelt feladat volt a mezővédő erdősávok terméseredmények növelésére kifejtett hatásának elemzése.

A monitorjellegű, többéves vizsgálatok alapján megállapították (Gál és Káldy 1977), hogy (1) az erdősávok által közbezárt táblákon a talajvédelem és a terméshozam növelése legnagyobb részben a sáv széltörő hatásától függ; (2) az erdősávok szélesebség csökkentő hatása nemcsak a védett, de a szél által támadott oldalon is jelenős távolságra érvényesül;

(3) zárt erdősávok kialakítása mezőgazdasági területek mentén fagyzugok, hőkatlanok kialakulásával járhat; (4) kedvezőtlen szerkezetű erdősáv esetén az erdősáv a szél sebességét fel is gyorsíthatja; (5) az erdősávok kedvezően hatnak az eső és a hó eloszlására; (6) az erdősávokkal védett területen a talajközeli légréteg relatív nedvességtartalma nagyobb, mint a szabad területen; (7) az erdősávoknak a relatív légnedvességre gyakorolt hatása szoros összefüggésben van az erdősávok szélesség csökkentő, a levegő hőmérsékletét, a talaj nedvességtartalmát és a párolgást befolyásoló hatásával; (8) az erdősávok termésnövelő hatása a vizsgált növényfajok vonatkozásában szignifikáns terméshozam-többletet eredményezett; továbbá (9) az erdősávok faanyagtermesztési szerepe is meghatározó. Az erdősávok, erdősávrendszerek létesítésének elősegítése érdekében kidolgozásra kerültek azon irányelvek és erdősáv típusok, melyek az akkori fafajpolitika szellemiségével egyeztek. (A mezővédő erdő rendeltetésű erdő a gazdasági rendeltetésű erdők csoportjába tartozik 2017. szeptember 1. napjától.)

A mezővédő erdősávok minősítésére, illetve osztályozására kidolgozott háromfokozatú skála a 2000-es években nemcsak a kutatásban, de a gyakorlatban is egyre meghonosodó digitális technológiának köszönhetően objektív minősítésen nyugvó 5 fokozatú skálává került átalakításra, mely az erdősávok szélesség-csökkentő hatásának elvén alapszik (Frank és Takács 2012).

A klímaváltozás már érzékelhető hatásainak csökkentése érdekében az erdősávok multifunkcionális szerepének hatása és vizsgálata az intenzíven kezelt mezőgazdasági területeken, illetve az azzal szorosan összefüggő agrárerdészet továbbfejlesztése a közeljövő kihívása (Szigeti et al. 2020).

Az ültetvényszerű nemesnyárasok ápolása során előnyösen alkalmazható a *mezőgazdasági köztesművelés*. Ezt a kettős földhasznosítást lehetővé tevő termesztési módot csak keskeny koronájú nyárasokban célszerű folytatni (pl. 'Pannonia' nyár, 'I-45/51' nyár) és csak a legalább 4 méter sortávolságú nyáras fiatalosban szabad vállalkozni rá. A mezőgazdasági köztesművelés előnyei: elmaradnak a nyár fiatalost terhelő talajápolás költségei, a köztes növény műtrágyázásának hatását a nyárcsemeték is élvezik. Nagy vízfogyasztású köztes növények (lucerna, dohány) termesztése nem engedhető meg. A köztestermesztést csak addig szabad folytatni, amíg a köztesnövény nem kerül árnyékba. Ez a kisebb, nem véghasználati növőtérrel ültetett nyáras fiatalosban 1–2 évet jelent, a véghasználati növőtérbe ültetett nyárasoknál viszont jóval hosszabb időszakot (4–6 év). A kellő gondossággal folytatott mezőgazdasági köztesművelés különösen előnyös a korábban hosszabb ideje nem művelt vagy taposással tömörített talajokon, pl. egykori legelőkön vagy kötöttebb talajokon telepített nyárasokban. Humid talajokon úgyszintén hozzásegít a talaj kedvezőbb szellőzéséhez, ezzel a nagy szervesanyag-tartalom ásványosodásához (Führer et al. 2009).

A nagy véghasználati növőtérrel telepített nemesnyárasok és a mezőgazdasági köztesművelés, mint termesztési technológiai elemek tartós összekapcsolása elvezethet az együttes szántóföldi növény- és fatermesztéshez. Ennek lényege, hogy a nyártelepítési növőtér eleve akkora, hogy lehetővé teszi a mezőgazdasági köztes együttes termesztését akár a nyáras véghasználati koráig, legalább 8 × 8 m, de inkább 10 × 8 vagy 10 × 10 mé-

teres ültetési hálózat alkalmazásával. Ez a termesztés-technológia a jövőben hazánkban is nagyobb szerephez juthat az ún. farmergazdasági birtokméretek mellett. Az elsődleges fatermesztési cél nagyértékű faválasztékok nagy tömegű előállítására lehet. A köztes szántóföldi kultúrák túlnyomórészt takarmánynövények termesztését teszik elsősorban lehetővé, de olyan vidékeken, ahol kevés a termőföld, gabona és egyes élelmisznövények (pl. zöldségfélék) termesztésére is vannak már példák (Keserű et al. 2018).

A *fás legelők* olyan legelő művelési ágba tartozó földrészek, amelyeket a fák koronavetülete egyenletes eloszlásban legfeljebb harminc százalékban fed. Területi kiterjedésük napjainkra lecsökkent, e tendencia megállítását, illetve megfordítását az illetékes szakhatóságok az agrárerdészeti rendszerekhez kapcsolódó támogatások kiterjesztésével kívánják elérni.

A külterjes állattartás és a fásszárú növényzet összefonódása az állattenyésztéssel egyidőben alakult ki egész Európában, így hazánkban is. A 20. században a külterjes legeltető állattartás visszaszorulásának következtében ezek a tevékenységek sok helyen ma már csak történeti adatokból ismertek. Hazánkban a 21. század elejére nagymértékben visszaszorult a fás legeltetési rendszerek használata, de az utóbbi évek agrártámogatásai, innovációs lehetőségei, illetve a külterjes állattartás természeti-gazdasági értékeinek újbóli felismerése és elismerése újra „keresetté” tette ezt a fajta agrárerdészeti rendszert, mind gyakorlati, mind elméleti oldalról (Varga és Bölöni 2009).

A fás legelők napjainkban leginkább szarvasmarhával hasznosíthatók, de a domb- és hegyvidéki tájak peremterületein juhokat is rájuk hajtanak. A fás legelők egyúttal ütközőzónát képeznek az erdős és a fátlan növénytakaságok között. Egy részük természetvédelmi oltalom alatt áll, s jelentős mértékben járul hozzá az adott vidék tájképi hagyományainak fenntartásához, illetve megőrzéséhez.

Az utóbbi évtizedben a hazai agrárerdészeti kutatások és gyakorlati alkalmazásuk újra előtérbe kerültek, elsősorban a klímaváltozás okozta negatív hatások mérséklésének érdekében, valamint a rendelkezésre álló támogatási forrásoknak köszönhetően. Az agrárerdészeti kutatásokban két intézet jár az élen, nevezetesen a Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézete (2021-ig a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ intézete volt) és a Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kara. A kutatásokban részt vevő szakemberek az időközben elért kutatási eredményeikről a Gyuricza Csaba és Borovics Attila által szerkesztett Agrárerdészet című szakkönyvben számoltak be (Gyuricza és Borovics 2018). A szakkönyv hézagpótló kiadványnak tekinthető, hiszen korábban hazánkban magyar nyelven nem jelent meg az agrárerdészet szinte minden irányzatát magába foglaló, a régmúltban gyökerező és új ismereteket is átadó tematikus kiadvány.

Irodalom

Bakti B. és Rásó J. 2018: Fás szárú energetikai ültetvények öntözési tapasztalatai. Alkalmazkodó vízgazdálkodás: lehetőségek és kockázatok. Vízstudományi Nemzetközi Konferencia, Szent István Egyetem Agrár és Gazdaságtudományi Kar, Szarvas, 1–5. o.

- Benke A., Tóvári P. és Kámpel J. 2016: Energetikai ültetvények telepítése során alkalmazható telepítési technológiák munkarendszer-vizsgálatának előzetes eredményei. *Mezőgazdasági Technika* 57(4): 2–5.
- Borovics A., Somogyi N., Honfy V., Keserű Zs. és Gyuricza Cs. 2017: Agrárerdészet, a klímadatast, természetközeli termelési mód. *Erdészeti lapok* 152(6): 178–182.
- Csipkés M. és Nagy L. 2011: Energiaültetvények jövedelmezőségének elemzése. *Acta Agraria Kaposváriensis* 14(3): 223–240.
- Danszky I. (szerk.) 1974: Erdőművelés II. *Mezőgazdasági Kiadó*, Budapest. 412 o.
- Frank N. és Somogyi N. 2018: Mezővédő erdősávok Franciaországban és Magyarországon. In: Gyuricza Cs. és Borovics A. (szerk.): *Agrárerdészet*. NAIK, Gödöllő, 155–170. o.
- Frank N. és Takács V. 2012: Hó- és szélfogó erdősávok minősítése szélesség-csökkentő hatásuk alapján. *Erdészettudományi Közlemények* 2(1): 151–162.
- Führer E., Rédei K. és Tóth B. (szerk.) 2008: *Ültetvényes fatermesztés 2*. Agroinform Kiadó, Budapest. 267 o.
- Führer E., Rédei K. és Tóth B. (szerk.) 2009: *Ültetvényes fatermesztés 1*. Agroinform Kiadó, Budapest. 245 o.
- Gál J. és Káldy J. 1977: *Erdősítés*. Akadémia Kiadó, Budapest. 640 o.
- Gergely S., Kozsdáné B. M. és Tóth Á. 2012: Energetikai biomassza termelési és hasznosítási lehetőségek az Észak-magyarországi régióban. *Zöld társadalom, zöld gazdaság, innováció*. Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös, 120 o.
- Gyuricza Cs. és Borovics A. (szerk.) 2018: *Agrárerdészet*. NAIK, Gödöllő, 259 o.
- Halupa L. és Rédei K. 1990: Elsődlegesen energetikai célú erdősítések Magyarországon. *Erdészeti Kutatások* 82–83(2): 309–327.
- Halupa L. és Tóth B. (szerk.) 1988: *A nyár termesztése és hasznosítása*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 141–189. o.
- Halupa L. 1989: Energiaerdő kísérletek. *Energiagazdálkodás* 30(11): 489–490.
- Halupa L. 2008: Szennyvíz és hígtrágya elhelyezésére szolgáló faültetvények. In: Führer E., Rédei K. és Tóth B. (szerk.): *Ültetvényes fatermesztés 2*. Agroinform Kiadó, Budapest, 76–86. o.
- Keserű Zs., Borovics A. és Honfy V. 2018: *Agrárerdészet, a klímadatast és fenntartható gazdálkodás módja*. *Debreceni Szemle* 26(1): 76–81.
- Kovács G., Heilig D. és Heil B. 2020: Fás szárú energetikai ültetvények technológiáját és ökonómiáját befolyásoló tényezők a gyakorlatban. In: Facskó F. és Király G. (szerk.): *Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar: Tudományos közlemények*. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, 187–194. o.
- Marosi Gy. és Mayer B. 2008: Energetikai ültetvények jövedelmezőségi viszonyai. *Alföldi Erdőkert Egyesület Kutatói Nap, Tudományos Eredmények a Gyakorlatban*. Szeged, 96–98. o.
- Marosvölgyi B. 1990: Energiacélú ültetvényekkel és sarjállományokkal folyó kísérletek eddigi eredményei Magyarországon. *Az Erdő* 125(6): 252–255.
- Marosvölgyi B. 1999: Energetikai faültetvényekkel folyó kísérletek hozameredményei mezőgazdasági művelésből kivont területen. *Erdészeti Lapok* 134(4): 104–106.
- Nagy I. és Kámpel J. 2020: Merre tovább az akác iparifa célú faültetvények terén? I. Akác iparifa ültetvények termőhely igénye. *Erdészeti Lapok* 155(3): 76–79.
- Nagy I. és Kámpel J. 2020: Merre tovább az akác iparifa célú faültetvények terén? II. Akác iparifa ültetvények termőhely igénye. *Erdészeti Lapok* 155(4): 106–112.
- Nagy I. 2014: *Jövünk az iparifa ültetvény?(!) I. Csodavárás helyett egy lehetséges megoldás*. *Erdészeti Lapok* 149(9): 290–292.

- Nagy I. 2014: Jövönk az iparifa ültetvény?(!) II. Csodavárás helyett egy lehetséges megoldás. Erdészeti Lapok 149(10): 319–321.
- Németh K. 2011: Dendromassza-hasznosításon alapú decentralizált hőenergia-termelés és felhasználás komplex elemzése. PhD értekezés, Pannon Egyetem, Veszprém, 151 o.
- Posza B. és Borbély C. 2017: Fás szárú, sarjaztatásos energetikai ültetvények gazdasági-környezeti modellje. Gazdálkodás 4(61): 310–321.
- Rédei K. 2014: Bevezetés az ültetvényszerű fatermesztés gyakorlatába. Agroinform Kiadó, Budapest, 127 o.
- Rédei K. 2020: Bevezetés az ültetvényszerű fatermesztés gyakorlatába. 2. átdolgozott kiadás. Agroinform Kiadó, Budapest, 134 o.
- Rédei K., Csiha I., Keserű Zs., Rásó J. és Kamandiné Végh Á. 2013: Sarjaztatott akác energetikai faültetvények földfeletti dendromasszája. Erdészeti Lapok 148(11): 357–358.
- Schiberna E., Borovics A. és Benke A. 2021: Economic Modelling of Poplar Short Rotation Coppice Plantations in Hungary. Forests 12(5): 623.
- Szabó O. 2017: Természetes anyagokkal történő tápanyag-utánpótlás fás szárú energetikai ültetvényben. PhD értekezés, Soproni Egyetem, Sopron, 172 o.
- Szajkó G., Mezősi A., Pató Zs., Scultéry O., Sugár A. és Tóth A. I. 2009: Erdészeti és ültetvény eredetű fás szárú energetikai biomassza Magyarországon. Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont. Műhelytanulmány 2009-5, Budapest, 99 o.
- Szalay D., Vágvölgyi A. és Papp V. 2020: Kéregtartalom jelentősége a faanyag energetikai hasznosításának újszerű technológiáiban. Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap, Tudományos Eredmények a Gyakorlatban, 131–138. o.
- Szigeti N., Frank N. és Vityi A. 2020: The Multifunctional Role of Shelterbelts in Intensively Managed Agricultural Land – Silvoarable Agroforestry in Hungary. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 16(1): 19–38.
- Tompa K. 1991: A fűzültetvények szerepe a szennyvizek és iszapok ártalmatlanításában. In: Tompa K. (szerk.) 1991: A faalakú fűzek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 169–175. o.
- Tóvári P., Szabó I., Madár V., Jung L., Dorsánszky Zs. és Gergely S. 2013: Biomassza tüzelőanyagok termokémiai kezelésének laboratóriumi és félüzemi vizsgálata. Mezőgazdasági Technika 54(2): 2–5.
- Vágvölgyi A. és Szalay D. 2020: Stratégiai elemzőmódszer alkalmazása az energetikai célú fás szárú ültetvények vizsgálatára. In: Facskó F. és Király G. (szerk.) 2020: Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar. Tudományos közlemények. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, 318–325. o.
- Varga A. és Bölöni J. 2009: Erdei legeltetés, fás legelők, legelőerdők tájtörténeti kutatása. Természetvédelmi Közlemények 15: 68–79.
- Vermes L. és Szlávik I. 1983: A szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági elhelyezésének hazai lehetőségei az eddigi kísérletek tükrében. Agrokémia és Talajtan 32(3–4): 468–471.
- Vermes L. 2005: Hulladékgyártás, hulladékhasznosítás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 220 o.

Plantation forestry

Plantation forestry and related forms of farming are inseparable from the rational and meaningful maintenance and utilization of natural resources, as well as the utilization of uneconomic agricultural land through afforestation and the establishment of tree plantations for various purposes.

In Hungary, the proportion of the two most important tree species and groups (black locust and poplars) that can be considered in this farming mode is about 34% (600 thousand hectares) of the total area covered by trees. Their importance will be increasing in the afforestation and tree planting program for the coming decades. The most important criteria of plantation forestry can be summarized in four points.

The first is that a pre-defined range of forest target assortments, primary (forest) wood products are produced in large quantities and of the same quality. The second is a systems approach, which mostly supposes an extensive growing technology in which all work operations can be planned in advance. The third is a significantly shorter growing period compared to natural forests due to the specific elements of growing (fast-growing tree species, varieties, artificial afforestation technologies, etc.), and the fourth is that the economic goal of growing is to produce a higher net income in the shortest possible time.

The most precise definition of plantation forestry is attributed to Béla Tóth. Professor Béla Tóth (1921–2016) dealt with growing improvement of hybrid poplars for more than 60 years, first in practice and then since 1953 as a researcher at the Forest Research Institute. He earned timeless merits in the development of hybrid poplar growing in Hungary. He carried out significant selection breeding activities, including the adaptation studies of promising foreign hybrid poplar clones in Hungary. He can be considered as one of the best-known Hungarian researcher in the field of modern plantation forestry. According to his wording, the essential feature of plantation forestry must be the proper coordination of the site and the varieties, the regular and consistent application of operations that increase yield and increase crop safety. Plantation forestry is a special methodology for tree growing. In Hungary, the growth of plantation forestry was mainly forced by the shortage of timber after the World War II, above all by prioritizing the cultivation of fast-growing tree species.

Special purpose plantations include seed-orchards, the establishment of which in Hungary dates back several decades. Also included are irrigated tree plantations for agricultural and municipal wastewater, as well as hybrid poplar and black locust industrial plantations.

Intercropping growing technology, as a branch of agroforestry, can be considered a special segment of plantation forestry. In the last decade, Hungarian agroforestry research and its practical application has come to the fore again, mainly in order to mitigate the negative effects of climate change and thanks to the available funding sources. In addition to intercropping cultivation (“co-cultivation”), the utilization of silvo-pastoral lands and shelterbelts is also important and may be important in the future. In Hungary, two institutes are at the forefront of agroforestry research, namely the University of Sopron Forest Research Institute and University of Sopron Faculty of Forestry.

Today, it can be stated objectively and clearly that through the plantation forestry, the overuse of forests with native tree species in our country has been effectively reduced in recent decades. This role of plantation forestry will not diminish further. However, at the current and future level of economic development, the profitability of this mode of tree growing will be the main determinant.

ERDŐVÉDELEM

Csóka György, Hirka Anikó, Koltay András, Vidóczi Henriett,
Tuba Katalin, Tóth Viktória és Lakatos Ferenc

Bevezetés

A tanulmány célja

Jelen tanulmány célkitűzése, hogy áttekintse a hazai erdővédelmi kutatásokat, azok kezdetétől napjainkig. Megjegyzendő, hogy hasonló szándékkal már korábban is napvilágot láttak kisebb merítésű/terjedelmű közlemények, amik a tudományterület egészét vagy egy-egy részterületét, illetve korszakát igyekeztek bizonyos mélységig bemutatni (Pagony 1973; Hirka et al. 2010; Csóka et al. 2010; Tóth és Csóka 2010).

Az erdővédelem – mint tudományterület – rendkívüli sokrétűsége és kiemelkedően gazdag szakirodalmi forrásanyaga miatt jelen munkánkban teljességre nem, csupán széles körű áttekintésre törekedhettünk. Ebben – több más forrás mellett – nagy segítségünkre volt „Az erdővédelem magyarországi szakirodalma (1792–2000)” címmel 2002-ben, CD-ROM-on közzétett szakirodalmi adatbázis (Csóka et al. 2002) és az Erdészeti Lapok digitális archívuma (<https://erdeszetilapok.oszk.hu>). A bő kétévszázados időszakot négy korszakra osztva vizsgáljuk. A korszakok határai némileg mesterségesek ugyan, viszont mégis csak olyan időszakokat jelölnek ki, amik eseményei, történései meghatározó mértékben befolyásolták (és befolyásolják a mai napig is) a magyar erdőgazdálkodást, ezen keresztül pedig az erdészettudományt, így az erdővédelmi kutatásokat is.

Mi az erdővédelem?

Az erdővédelem a magyar erdészettudományok egyik legrégebbi és legtermékenyebb, meglehetősen sokszínű és szerteágazó ága, amit felettébb nehéz röviden definiálni. Annál is inkább, mert a 19. század második felétől napjainkig nagyban változott, hogy mit is értünk alatta. A 19. században az erdővédelem még elsősorban a jogtalan erdőhasználat – legyen az falopás, alomgyűjtés vagy legeltetés – megakadályozását jelentette. Ezt követően hosszú évtizedekig hangsúlyosan a gazdasági szempontból értékes fafajokon jelentkező biotikus (rovar, gomba stb.) és abiotikus kalamitások (vihar, aszály stb.) elleni küzdelem, azok megszüntetésére való törekvés volt a meghatározó. Az idő haladtával lényegesen kibővült az erdővédelem/erdővédelemtan látóköre, és sokkal nagyobb figyelem irányul az erdei ökoszisztémák egészséges működésére, a prevencióra, azaz a kalamitások megelőzésére, illetve kockázatuk csökkentésére. Hasonlóan változtak, diverzifikálódtak, fejlődtek azok a rokontudományok is, amiknek eredményeit az erdővédelem tudománya és gyakorlata integrálni tudja. Megjegyzem-

dó továbbá, hogy az „erdővédelem” kifejezést egyre szélesebb körben, az eredeti értelemezéstől eltérően is sokan használják (erdővédelmi törvény, az erdők védelmével foglalkozó miniszteri konferencia, erdővédelmi bírság stb.). Valószínűleg részben ennek is köszönhető, hogy az „erdővédelem” mellett egyre inkább az „erdőegészség” (forest health) kifejezés válik elterjedtté nemzetközi viszonylatban. A hazai erdészeti szaknyelv „ősének” számító német nyelvű szakirodalomban is sokkal gyakrabban találkozhatunk az erdő egészére vonatkozó „Waldschutz” kifejezéssel, mint a korábbi, elsősorban az erdőben/erdővel való gazdálkodáshoz kapcsolható „Forstschutz” kifejezéssel. Napjainkban például már a „Forest health” nevet viseli a IUFRO 7., erdővédelmi témákat összefogó divíziója is. Mindezek alapján az erdővédelem, mint tudomány küldetése korszerű értelemben az erdők egészségének megőrzése, javítása érdekében szükséges új ismeretek „termelése”, hogy az erdők a tőlük elvárható ökoszisztéma szolgáltatásokat (beleértve a biodiverzitás megőrzését, a faanyag nyerését, a szénmegkötést stb.) a lehető legjobb minőségben, hosszú távon is biztosítani tudják. Ha mindenképpen „kompakt” definíciót akarunk adni az erdővédelemtanra, mint tudományterületre, akkor talán az „erdők egészségügye” lenne a korszerű és leginkább értelmezhető, illetve védhető rövid meghatározás.

Ennek kapcsán azonban szinte azonnal felmerülhet a kérdés, hogy mit értünk az erdő egészsége, illetve egészséges erdő alatt? Anélkül, hogy hosszas, már-már filozofikus fejtegetésekbe bocsátkoznánk, meg kell jegyezni, hogy a kérdésre adandó válasz is nagyon sokat változott az elmúlt másfél évszázad során, mint ahogyan az erdővédelem értelmezése is. Amíg korábban az „egészséges = éppen nem beteg” (nincs benne feltűnő mértékű károsítás) szemlélet volt az uralkodó, mára már sokkal inkább az ellenálló- és rugalmas alkalmazkodó-képességet, az erdő „immunrendszerét” tartják az „erdőegészség” fő összetevőinek.

Az erdővédelmi kutatások néhány főbb iránya

Az erdővédelmi kutatások legfőbb irányai közül a teljesség igénye nélkül itt néhányat sorolunk fel. Megjegyzendő, hogy ezek nem éles határvonal mentén elkülönülő résztek. Sok esetben átfednek, illetve egymásra is jelentős hatással vannak.

- Rovarak és egyéb erdőegészségi szempontból jelentős állatfajok
- Erdőegészségi szempontból fontos kórokozók
- Erdőegészség szempontjából jelentős abiotikus tényezők
- A klímaváltozás hatásai az erdők egészségi állapotára
- Inváziós rovarok és kórokozók
- Erdők egészségi állapotának hosszútávú monitoringja
- Védekezési technológiák erdővédelmi szempontból jelentős állatok és kórokozók ellen
- Az erdőgazdálkodás hatásai az erdők egészségi állapotára
- Erdőkárok előrejelzése és megelőzése
- Erdők ellenálló- és visszaszerző képességét erősítő tényezők

Tágabb értelemben az erdővédelem tárgyköréhez sorolhatjuk a gyomkorlátozást, illetve az inváziós fásszárúak elleni védekezést, valamint a csülkös vad erdőkre gyakorolt negatív hatásait is. Ezekre azonban jelen tanulmányban területi korlátok miatt nem térünk ki.

Hol folynak Magyarországon erdővédelmi kutatások?

Magyarországon alapvetően két olyan kutatóhely van, ami „főállásban” foglalkozik erdővédelmi kutatásokkal. Ezek a SOE Erdőmérnöki Karán, illetve a SOE Erdészeti Tudományos Intézetében tevékenykednek. Korántsem mondható azonban, hogy erdővédelmi vonatkozású tudományos eredmények csak itt születnek. Számos további olyan tudományos műhely/csoport létezik, ahol erdővédelmi szempontból is jelentős eredmények látnak napvilágot, függetlenül attól, hogy a kutatóhely nevesített fő profilja nem az erdővédelem.

Nemzetközileg is elismert, magas színvonalú rovarferomon-kutatás és csapdafejlesztések folynak pl. az Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézetében. Eredményeik közül soknak közvetlen vagy közvetett erdővédelmi vonatkozása is van (részletesen később). A NÉBIH (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal) Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóságán a hatósági, ellenőrzési feladatokon kívül több erdészeti jelentőségű fajjal (rovarok és kórokozók egyaránt) kapcsolatban is folynak kutatások. Az MTA Ökológiai és Botanikai Intézetében, Vácraátóton működő Erdőökológiai kutatócsoport számos kutatása, illetve eredménye az erdővédelem szempontjából is releváns.

A hazai egyetemek közül jónéhány (MATE, DE, PTE stb.) berkeiben szintén folynak ilyen kutatások. Közülük – a teljesség igénye nélkül – kiemelendő a MATE Kertészettudományi Kara, minthogy egyes kutatásaik – különösen a fásszárúakon megjelenő inváziós rovarok és kórokozók vonatkozásában – erdővédelmi szempontból is kifejezetten jelentősek lehetnek. Külön is említésre érdemes még az ELTE Biológia Intézetének Erdőökológiai csoportja, ahol is a több évtizede zajló erdődinamikai kutatási eredményeknek sok erdőegészségi vonatkozása is van.

Fontos tudni, hogy az erdészeti gyakorlat is jelentős mértékben kivette és ki is veszi a részét az erdővédelmi kutatásokból, azon belül is az elért tudományos eredmények gyakorlati alkalmazása és a technológiai fejlesztés területén. Csemetekerti munkatársak, erdőművelésben dolgozó kollégák sok hasznos információt, gyakorlati tapasztalatot osztottak meg például az Országos Erdészeti Egyesület Erdővédelmi Szakosztályának különböző rendezvényein is, azon túl, hogy a terepi kutatási feladatokban, minták begyűjtésében pótolhatatlan segítséget nyújtanak.

Az erdőgazdálkodási gyakorlat és az erdővédelmi kutatás között fontos hidat képeznek az Erdészeti és Faipari Egyetem Erdőmérnöki Karán, posztgraduális formában erdővédelmi szakmérnöki képesítést szerzettek. Az 1974-ben induló képzés keretében a mai napig 222-en kaptak oklevelet.



*Az Erdőmérnöki Karon 1974-ben beindított erdővédelmi szakmérnök képzés keretében napjainkig 200-nál több szakember szerzett másoddiplomát. Ők jelentős közvetítő szerepet játszanak az erdészeti gyakorlat és az erdővédelmi kutatások között. A képen az 1988-ban végzett évfolyam néhány oktató társaságában látható az Erdővédelmi Tanszék egykori épületének lépcsőjén
(Forrás: SOE EMK fotóarchívum)*

A kezdetektől 1862-ig

A magyar erdővédelmi tudományok kezdetei minden bizonnyal Selmecbányára vezethetők vissza, ahol 1808-ban a Bányászati Akadémián belül megalakult az Erdészeti Tanintézet. Az erdészeti felsőoktatás és az erdészeti tudományok intézményesülése az a pont, ahonnan a már folyamatában is nyomon követhető fejlődés elindult, aminek végterméke az erdővédelem mai, igen sokszínű és szerteágazó tudománya. Az Erdészeti Tanintézet falain belül a kezdetektől fogva jelentős szerepet kapott az erdővédelem, amit az éppen aktuális tanrendnek megfelelő módon és terjedelemben oktattak is. Feistmantel Rudolf (1805–1871) az általa 1836-ban összeállított tantervben már külön fejezetet szentel az erdővédelemnek. Ezt az időpontot tekinthetjük az egyetemi szintű erdővédelem-oktatás kezdetének. Az 1860-as évekig az erdővédelem tárgykörébe tartozó tárgyak (elsősorban rovartan) oktatása is német nyelven zajlott, így maga az erdővédelem, mint szaktudomány is szinte kizárólag a német nyelvű szakirodalomra épült. Az Erdészeti Lapok elődjének is tekinthető „Mittheilungen des Ungarischen Forstvereins” lap a cser betegségéről közölt német nyelvű írása (Riedler 1855) tekinthető az egyik legelső erdővédelmi vonatkozású közleménynek.

Az 1860-as évekre enyhült meg annyira a politikai légkör, illetve addigra erősödött meg az önálló magyar erdészeti szaknyelv iránti igény, hogy az erdészeti felsőoktatás, illetve az erdészettudomány fokozatosan magyar nyelvűvé válhasson.

1862-től Trianonig

1862 januárjában magyar nyelven megjelenik az „Erdészeti Lapok” (a továbbiakban jogutódja nevéen Erdészeti Lapokként említjük) első száma, ami a magyar erdészettudományok egésze szempontjából is meghatározó jelentőségű dátum. Ez egyrészt lehetőséget nyitott a szakmai/tudományos megfigyelések, ismeretek közlésére, másrészt pedig a magyar erdészeti szaknyelv fejlesztésére/ápolására is kiváló fórumot biztosított. Az 1862 előtti időkből gyakorlatilag nem találhatók magyar nyelvű, erdővédelmi témájú írások.

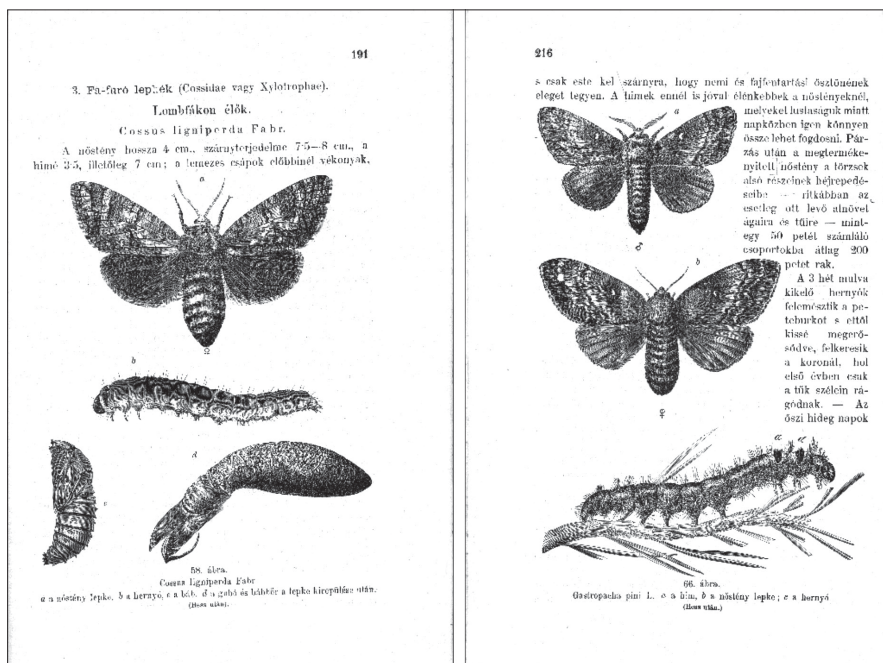
A szaknyelvi fejlődés vonatkozásában további mérföldkő az 1868-ban, Divald Adolf (1828–1891) és Wagner Károly (1830–1879) által kiadott német-magyar/magyar-német erdészeti műszótár, ami sok erdővédelmi vonatkozású kifejezést is tartalmaz.

Az Erdészeti Lapok egyébként alapításától fogva közöl erdővédelmi vonatkozású írásokat, ezek szerzői között sok más mellett olyan kimagasló személyiségekkel találkozhatunk, mint Abafi-Aigner Lajos (1840–1909), Bedő Albert (1839–1918), Fekete Lajos (1837–1916), Illés Nándor (1836–1907), Kiss Ferenc (1860–1952) vagy éppen Vadas Jenő (1857–1922) és Roth Gyula (1873–1961). A korszakot, különösen annak első felét a „polihistorok” korának is nevezhetjük, hiszen számos olyan szakember is foglalkozott erdővédelmi témákkal, akik később elsősorban másirányú szakmai tevékenységük révén váltak ismertté, illetve elismertté.

Fekete Lajos akadémikus 1877-ben jelentette meg 57 oldal terjedelmű „Az erdővédelem körvonalai”, 1878-ban pedig a 344 oldalas „Erdészeti rovartan” című könyvét, melyek az első magyar nyelvű erdővédelmi vonatkozású összefoglaló munkák (Fekete 1877, 1878). Ezek főként német nyelvű szakirodalmi forrásokra alapoztak, a terjedelmükben mutatkozó különbségek pedig érzékeltetik, hogy ebben az időben inkább a rovar-tani, mintsem a kórtani témák álltak a figyelem középpontjában. Téglás Károly (1864–1916) „Erdővédelemtan” című könyve 1893-ban, 286 oldal terjedelemben jelent meg, ebben már nagyobb szerepet játszanak a magyarországi tapasztalatok, illetve a magyar nyelvű szakmai/tudományos közlemények által közvetített információk. Mindhárom könyv közös jellemzője, hogy bennük rendkívül igényes (jellemzően német kiadványokból átvett) rajzok szemléltetik a szöveges mondandót. Ezek a munkák – azon túl, hogy a selmeci oktatást szolgálták – minden bizonnyal nagy szerepet játszhattak a szélesebb szakközön-ség tudásának fejlesztésében, illetve szakmai/tudományos érdeklődésük és közlési/írási hajlandóságuk erősítésében.

Bár a napvilágot látott erdővédelmi témájú közlemények számában, az 1862-től Trianonig terjedő időszakban az Erdészeti Lapok dominanciája egyértelmű, időnként természetesen más lapokban (Erdészeti Kísérletek, Rovartani Lapok, Természettudományi Közlöny, Matematikai és Természettudományi Értesítő stb.) is jelentek meg ilyen

írások. Ezek összesített száma 1862 és 1920 között jóval meghaladja a hatszázat. Az Erdészeti Lapok 1862-es, az Erdészeti Kísérletek 1899-es, illetve más szaklapok életre hívása tág teret biztosított a szakmai/tudományos közlések számára, amiknek a száma így rendkívül dinamikusan emelkedett. 1862-től 1910-ig meredeken növekedett az erdővédelmi vonatkozású írások száma is, ami aztán az I. világháború ideje alatt, illetve annak befejezése után, 1920-ig jelentősen lecsökkent.



Téglás Károly (1864–1916) „Erdővédelemtan” című könyvének (akárcsak Fekete Lajos korábbi könyveinek) kifejezetten jó minőségű ábrái még túlnyomó részben német szakkönyvekből származnak (Forrás: Téglás K. 1893: Erdővédelemtan. Joerges Ágoston özvegye és fia, Selmechánya, 286 o.)

Az időszak során megjelent írások jelentős része – különösen a századfordulőig – kárseeményekről szóló beszámolók, illetve megfigyelések közlése. Az érintett témák rendkívül változatosak, többségükben rovartani vonatkozásúak voltak.

Kifejezetten gyakoriak az erdélyi és felvidéki fenyvesekben rendszeresen tömegesen fellépő apácalepkével (*Lymantria monacha*, akkori tudományos nevén *Liparis monacha*) kapcsolatos közlések (többek között: Istvánffy 1891; Bedő 1892; Piso 1892a; Vollnhofer 1899; Matusovits 1908a, 1909a, 1911). Piso Kornél (1848–1931) a lepkehernyók, különös tekintettel az apácalepke természetes ellenségeire (fürkészlegyek, fürkészdarazsak, ragadozó ízeltlábúak) vonatkozóan közöl értékes megfigyeléseket (Piso 1881, 1883, 1892b). Javasolja, hogy az apácalepke hernyói ellen olyan víz permetezésével is lehetne védekezni, amibe előzőleg hernyóürüléket és elpusztult hernyókat áztattak. Azt is megállapítja, hogy

a természetes ellenségek is szerepet játszhatnak a hernyókat megbetegítő fertőzések terjesztésében (Piso 1892a). Ezek a maguk korában mindenképpen korszerű, úttörő jellegű felismeréseknek, illetve javaslatoknak tekinthetők. Valószínűleg ennek elismerése, hogy a Királyi Magyar Természettudományi Társulat 1880-ban rendes tagnak választotta. Felesége, sz: Klempay Ágnes (1863–1907) maga is végzett élősködő rovarokkal kapcsolatos megfigyeléseket, amiket az Erdészeti Lapokban közölt is (Pisoné 1907).



Piso Kornél (1848–1931) erdőtanácsos (oklevelét az 1871/72-es tanévben Selmechányán szerezte), a 19. század utolsó negyedének termékeny rovartani, erdővédelmi szakírója. Különösen figyelemreméltóak az erdei rovarok természetes ellenségeivel, illetve az ellenük való biológiai védekezési lehetőségekkel foglalkozó írásai. Munkássága elismeréséül a Királyi Magyar Természettudományi Társulat 1880-ban (32 éves korában) rendes tagjává választotta (Forrás: az oklevél másolatát a Darabanth Aukcióház bocsátotta rendelkezésünkre)

Érdekességként említhető, hogy a 19. század végén a gubacsdarazsak által tölgyeken okozott gubacsok számottevő gazdasági jelentőséggel bírtak, Magyarország ugyanis (több más délkelet-európai és kis-ázsiai országhoz hasonlóan) jelentős mennyiségben szállított tölgygubacsokat Nyugat-Európa iparilag fejlett országaiba. Erdődi (1866) például „tölgyeseink aranyzágaként” említi a gubacsokat. Főként a nagyméretű, nagy cersavtartalmú aszexuális *Andricus* gubacsok (*A. hungaricus*, *A. kollari*, *A. quercuscalicis*, *A. infectorius*) képezték ezt a meglehetősen különös exporthoz. A gubacsokból kivont tantint bőrcserezésre, textilfestésre, tintagyártásra, illetve gyógyászati célokra is használták. A 19. század végén volt olyan év, amikor a Magyar Királyság 25 ezer tonna (!) légszáras gubacsot exportált. Ennek jelentős részét a szlavóniai kocsányos tölgyesekben gyűjtötték. A 20. század elejétől fogva – a szintetikus cserzőanyagok térhódításával – a tölgygubacs, mint ipari nyersanyag, fokozatosan elvesztette jelentőségét. A korszak tudományos elszigeteltségének, illetve az információáramlás lassúságának tényét is jelzi, hogy még a

19. század végén is tévhitekkel magyarázzák a közismert suskagubacs (az *Andricus quercuscalicis* aszexuális gubacsa) keletkezésének módját. Eszerint az nem más, mint a gubacsdarázs által megszuirt makkból kifolyó folyadék megszilárdulása (Bedő 1888). Holott Marcello Malpighi (1628–1694) Opera Omnia című, 1686-ban megjelent munkájában (azaz bő kétszáz évvel korábban) már egy ennél sokkal korszerűbb, a valósághoz lényegesen közelebbi magyarázatot ad, miszerint a gubacsot a gubacsokozó peterakása közben a növénybe jutó vegyület irritáló hatása okozza. Megjegyzendő, hogy ez általánosságban ugyan nem érvényes, de egyes gubacsokozó levéldarazsak esetében egészen közel áll a valósághoz.

Az élősvi rovarok szerepe az erdő háztartásában.

Írta: *Piso Kornél*né.

Nem tudom, volt-e már arra eset, hogy e lapok hasábjain, női kézből származó szakközlemény jelent volna meg. Ezért őszintén megvallva, félve kopogtatok a t. szerkesztőség ajtaján, nem tudva, minő fogadtatásban fogok részesülni, ha asztalára teszem szerény dolgozatomat. De hát engem a legjobb szándék vezérel, midőn nyilvánosságra óhajtom bocsátani a hosszú évek során át gyűjtött adatokat, melyekből nem egy talán hasznára válhék úgy az erdésznek, mint a laikus közönségnek.

Mióta erdész-embernek lettem a felesége, azóta férjemmel,

Piso Kornél második felesége, sz: Klempay Ágnes (1863–1907) maga is végzett rovarbiológiai megfigyeléseket, amiket közre is adott.

Ezzel minden bizonnyal kiérdemelte az első magyar női erdővédelmi szakíró címét, de valószínű, hogy az Erdészeti Lapok legelső női szerzőjét is tisztelhetjük személyében (Forrás: Piso K.-né 1907:

*Az élősvi rovarok szerepe az erdő háztartásában
Erdészeti Lapok 46(12): 725–733.)*

munkásságának talán legjelentősebb részében a síkvidéki kocsányos tölgyesek pusztulásának okait kutatta (Matusovits 1918a,b, 1924). Rámutat, hogy a folyamatnak elsődlegesen termőhelyi okai vannak, a rovarok pedig csak elemei annak a kárláncolatnak, aminek a végén akár tömeges fapusztulás is felléphet. Már 1924-ben jelzi, hogy a repülőgépes légi növényvédelem alkalmazása elkerülhetetlenné fog válni. Azt is hangsúlyozza, hogy mind a rovarkárok, mind pedig a lisztharthatfertőzés kialakulását elegyes tölgyesek létrehozásával meg lehet akadályozni. Megjegyzendő, hogy több megállapítása máig sem veszítette érvényét.

1897. december 31-én Darányi Ignác (1849–1927) aláírta az Erdészeti Kísérleti Állomás alapításáról szóló okiratot, így a selmeczi akadémia gyökeréből kisarjadt az intézményesített erdészeti kutatás is. Az Állomás első igazgatója Vadas Jenő, aki maga is publikált erdővédelmi vonatkozású írásokat (összesen mintegy tízet). 1899-ben útjára bocsátotta az „Erdészeti Kísérletek” című tudományos lapot, aminek már a legelső számában három erdővédelmi vonatkozású közlés jelenik meg. Fehér és Besenyey (1899) a honos és idegenhonos fa- és cserjefajok fagyállóságáról értekeznek. Piso (1899) a lepkek melanizmusáról,

A korszak egyik legtermékenyebb erdővédelmi szakírója Matusovits Péter (1872–?), aki 1905 és 1927 között számos erdővédelmi vonatkozású szakkikket publikált. A cserebogár károk (Matusovits 1905) mellett foglalkozott a gyapjaslepke tömegszaporodásával (Matusovits 1908b), az apácalepkével (Matusovits 1909a, 1911a), a szalagos díszbogár (mai tudományos nevén *Coraebus florentinus*) életmódjával és károkozásával (Matusovits 1909b, 1911b). Szakírói

Vollnhofer (1899) pedig az 1898-as németországi tanulmányútja alapján az apácalepke elleni bakteriológiai védekezés lehetőségeiről ír. Az „Erdészeti Kísérletek” 1899 és 1920 között összesen mintegy 30 erdővédelmi vonatkozású munkát közölt.

Az akácok folyamatosan növekvő térfoglalásával és erdészeti jelentőségével párhuzamosan, már az 1890-es évektől kezdődően egyre többen foglalkoznak a fafaj erdővédelmi problémáival (Schilberszky 1887, 1906; Kiss 1890, 1892; Ratkovszky 1892, 1895; Vadas 1904a,b,c), különös tekintettel az akác-pajzstetűre (*Parthenolecanium corni*).

Bár Roth Gyulát leginkább mint az erdőművelés kiemelkedő tudósát tartja számon az utókor, erdővédelmi vonatkozású munkássága sem elhanyagolható. Foglalkozott az aranyfarú lepke (*Euproctis chryssorrhoea*) életmódjával (Roth 1904), feldolgozta a faj magyarországi elterjedését és jelentőségét (Roth 1907), valamint összegezte a fehér és sárga fagyöngy (*Viscum album* és *Loranthus europaeus*) hazai előfordulásait (Roth 1916).

A tölgyeken Európában honos lisztharmat fajoknál jóval veszélyesebb idegenhonos lisztharmat fajt (*Erysiphe alphitoides* és *E. quercicola*) először 1907-ben jelezték Franciaországból (Demeter et al. 2021a,b). Néhány évvel később már a magyar erdővédelem egyik meghatározó problémakörévé vált és a mai napig is az maradt. Megjegyzendő, hogy míg csemetekertekben fungicid kezeléssel hatékonyan lehet ellene védekezni, ez idáig nem született idős állományokban is alkalmazható hatékony védekezési eljárás. A szakemberek hamar felismerték a kései fagyok és a hernyórágások, valamint a lisztharmat fertőzés közötti összefüggéseket, miszerint a lombvesztést követően újrAhajtó lombzat fokozottan érzékeny a fertőzésre, illetve azt is, hogy a fertőzés a hajtások befásodását akadályozza, ezzel pedig azok fagyérzékenységét fokozza. A kórokozó biológiájával és az ellene való védekezés lehetőségeivel kapcsolatban, közvetlenül a probléma hazai felismerését követően több közlemény is napvilágot látott (Kövessi 1910; Roth 1915; Vadas 1916, 1917; Tuzson 1917a,b; Fehér 1923a,b; Bokor 1923). Csemetekerti védekezésként legtöbbször a kénporozást tartották megfelelőnek. Megjegyzendő, hogy a kénalapú fungicideket még száz évvel később is használták/használgák a lisztharmatok elleni védekezésben.

Tuzson János (1870–1943), a kiváló botanikus, tudományos pályája első felében számos, erdei fákon előforduló gombakórokozóval kapcsolatban, így többek között a vörösfenyő (Tuzson 1897), a fenyőcsemeték (Tuzson 1900a), az akáccsemeték (Tuzson 1900b) gombáival, a fenyőkön tűhullást (Tuzson 1901) és a lucfenyő tőkorrhadását okozó *Rhizina undulata*-val (Tuzson 1907), valamint a tölgy-lisztharmattal kapcsolatban is publikált (Tuzson 1917a,b).

Trianontól 1950-ig

Az I. világháborút lezáró trianoni békediktátum óriási veszteségeket okozott Magyarországnak, ezen belül a magyar erdőknek és erdőgazdálkodásnak is. Az ország területe kevesebb, mint egyharmadára csökkent. 7,4 millió hektár erdejéből több, mint 6,2 millió hektár elveszett. Az erdőszültség Nagymagyarország 26%-áról Kismagyarország 11,8%-ára csökkent. Az 1,8 millió hektár fenyvesből kevesebb, mint 48 000 ha maradt meg,

azaz a fenyvesek több mint 97%-a elveszett. Ezek mind olyan számok, amikkel mindenképpen tisztában kell lenni akkor, ha Magyarország 20. és 21. századi erdőgazdálkodásáról tiszta képet akarunk alkotni.

Az erdőterületek elvesztése mellett további súlyos veszteségek is keletkeztek, amik szinte letaglózták az erdészettudományt, ezen belül az erdővédelemtant is. A selmeci főiskola a cseh megszállás miatt már 1918 őszén menekülni kényszerült az anyavárosból. Az 1898-ban alapított Magyar Királyi Erdészeti Kísérleti Állomás mindösszesen húsz évig működhetett Selmecbányán. A kényszerű meneküléssel elveszítette székhelyét, teljes felszerelését, kísérleti területeit, gyakorlatilag mindent a nulláról kellett újrakezdenie. Mindezek nyilvánvalóan hosszantartó negatív hatásokat gyakoroltak az erdészeti kutatásokra, ezen belül az erdővédelem tudományterületére is. Szerencsésebbnek (már ha ebben az esetben lehet szerencséről beszélni...) mondható a főiskola. Az erdővédelem oktatáshoz szükséges gyűjtemények és segédeszközök jelentős részét sikerült Sopronba menekíteni. Ebben kiemelkedő szerepe volt Kelle Arthúrnak, az 1922-ben megalapított Erdővédelem-tani Tanszék (az alapító Vadas Jenő pár hónapos regnálása utáni) vezetőjének. A gerinces állattani, rovar- és kórtani, valamint erdővédelmi gyűjtemények alapjai ekkor már megvoltak.

Egy adott szakterület súlyának, a szakterületet művelők aktivitásának egyik mutatója lehet a megjelent, az adott diszciplínához kötődő szakmai/tudományos közlemények száma. A háború és a trianoni veszteségek hatása ezen indikátoron keresztül is drámai módon érzékelhető. Az 1862-től 1910-ig tartó töretlen fejlődés már az I. világháború hatására is megtorpant, az 1911–1920 közötti időszakban megjelent erdővédelmi tárgyú írások száma (108) nem éri el az előző dekád termésének (223) felét sem. Ezt követően a helyzet még tovább romlott, a következő dekád (1921–1930) publikációs aktivitása tovább feleződött (54 közlemény). A következő évtizedekben (1931–1940 és 1941–1950) lassú növekedés vette kezdetét, de az 1921–1950 közötti három évtizedben megjelent összes publikáció száma (247) csak mintegy 10%-kal haladja meg a 20. század első évtizedét. Ez a drasztikus visszaesés egyébként egyáltalán nem meglepő, ha figyelembe vesszük az ország erdőterületének drámai mértékű csökkenését, a nagyrésztben talajt veszített szakember gárdát, és azt, hogy az erdészeti felsőoktatás és kutatás hosszú ideig tulajdonképpen a puszta létéért küzdött.

A két világháború közötti időszakban a Magyar Állami Erdészeti Kutató Intézet lasan talpra állt, így az erdővédelmi kutatások is folytatódtak. A magyar erdészeti kutatások növekvő elismertségét jelzi, hogy Roth Gyulát 1932-ben a IUFRO (Erdészeti Kutatóintézetek Nemzetközi Szövetsége) elnökének választották, illetve, hogy 1936-ban a szervezet IX. kongresszusát Magyarországon rendezték meg. Az 1936-os IUFRO kongresszusra való felkészülés során az erdővédelmi kutatásoknak már külön vezetője van, Haracsi Lajos (1898–1978) – az erdővédelemtan későbbi soproni professzora – személyében, akit a Műegyetem Erdőmérnöki Osztályáról rendeltek az Intézethez.

Az erdőterület csökkenése, illetve a megmaradt erdők fajokösszetételének változása a bennük fellépő erdővédelmi problémák vonatkozásában is jelentős változásokat okoztak. A fenyvesek 97%-ának elvesztése miatt például gyakorlatilag nullára csökkent a koráb-

ban nagy jelentőséggel bíró apácalepke szerepe. 1921-et követően már csupán egyetlen közlés foglalkozik vele (Kovacsik 1927), az is csehországi tapasztalatokat ismertet.

A korszak egyik sajátos, nemzetközi vonatkozású erdővédelmi feladata volt az Amerikába behurcolt gyapjaslepke elleni klasszikus biológiai védekezésben való közreműködés. Ennek keretében az 1920-as évek második, illetve az 1930-as évek első felében Magyarországon több helyszínen – így a Pest megyei Galagamácsán és a Baranya megyei Csányoszáron – „gyapjaslepke laboratóriumok” működtek. Ezek feladata volt, hogy a gyapjaslepke tömegszaporodásával érintett körzetekben tömegesen gyűjtsék a hernyókat, és a belőlük kikelt parazitoidokat bábozódás után az Egyesült Államokba juttassák (Hrobáts 1930; Tikos 1939; Mihályi 1991). Ez egyben azt is jelenti, hogy az erdészeti vonatkozásban eddigi legjelentősebb klasszikus biológiai védekezési program jelentős magyar részvétellel valósult meg.

Győrfi János (1905–1966) a 20. század egyik legtermékenyebb és legnagyobb hatású, erdővédelemmel foglalkozó tudósa volt. Személye és munkássága egy új korszak nyitányát is jelentette az erdővédelemtan történetében. Szakmai elődei többségükben jó értelemben vett polihisztorok voltak (Bedő Albert, Fekete Lajos, Vadas Jenő, Roth Gyula stb.), akik az erdővédelem mellett más szakterülete(ke)t is (pl. botanika, talajtan, erdőművelés, erdészeti politika stb.) is műveltek. Győrfi ezzel szemben igazi elmélyült specialista volt, aki pályafutása alatt szinte kizárólag erdővédelemmel, ezen belül is főként rovarlattal foglalkozott. Bár munkássága során (különösen könyveiben) sok vonatkozásban alapozott a korábbi német nyelvű szakirodalomra, de közléseiben már saját eredeti megfigyelései, illetve kísérleti eredményei is napvilágot látnak.

Szakmai publikációs tevékenységének legnagyobb részét az erdészeti jelentőségű rovarok természetes ellenségei, ezen belül is a fürkészdara-



A 19. század második felében, az Amerikába behurcolt gyapjaslepke elleni klasszikus biológiai védekezési program keretében az eredeti elterjedési területről, Európából származó természetes ellenségeket telepítettek be az Egyesült Államokba. A programban Magyarország is jelentős szerepet játszott. Az 1931-ben készült felvételen a csányoszári (Baranya megye, Ormánság) hernyósbrigád látható. A helyi lakosokból toborzott csapat „iparszerűen” gyűjtötte és nevelte a gyapjaslepke hernyókat, a kikelt és bebábozódott parazitoidokat (fürkészlégyek, fürkészdarazsak) pedig hajóval szállították az Egyesült Államokba. A kép középső alakja Mihályi Ferenc, aki frissen végzett fiatal biológusként irányította a munkákat. Később a Természettudományi Múzeum kétszárnyú-gyűjteményének vezetője lett (Forrás: Mihályi Ferenc archívuma)

szak tették ki. Foglalkozott ezek taxonómiájával (Győrfi 1941a, b, c, d), életmódjával (Győrfi 1942, 1944a), különös tekintettel az erdei ökoszisztémákban betöltött szerepükkel (Győrfi 1939, 1941e, 1946). Már az 1940-es évek végén megállapította, hogy az erdei rovarok tömegszaporodásainak kiváltásában az egyik fő ok a hibás erdőgazdálkodás, a monokultúrák létrehozása, az úgynevezett „gyomfajok” száműzése (Győrfi 1948a,b). Egyidejűleg rámutatott a vegyeskorú és elegyes állományok kármegelőzésben betöltött szerepére (Győrfi 1947). Ezen megállapításai nemcsak, hogy máig is érvényesek, de napjainkban egyre inkább növekvő jelentőséggel bírnak.

1950-ben az erdőmérnök hallgatók számára „Erdészeti állattan” (212 oldal), „Erdészeti növénykórtan” (147 oldal) és „Erdészeti rovartan” (172 oldal) jegyzetet készített (Győrfi 1950a, b, c).



Győrfi János (1905–1966) a magyarországi erdővédelmi kutatások kiemelkedő személyisége. Munkássága számos területre kiterjedt, de érdeklődése főként az élősködő rovarokra, ezen belül is a fűrészdarazsakra irányult. Miután 1951-ben politikai okokból eltávolították az Erdővédelemtani Tanszék professzori székéből, az Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztályán folytatta kutatómunkáját. Két kézikönyve, az „Erdészeti rovartan” (1957) és az „Erdővédelemtan” (1963) a mai napig használatban lévő „alapl művek” (Forrás: SOE EMK fotóarchívum)

Az 1930-as évek végén a háborús készülődés, illetve később maga a háború nagyban visszavetette az erdészeti, ezen belül pedig az erdővédelmi kutatásokat. Érdekes, hogy éppen ezekben a vészterhes, nehéz években indult látványos fejlődésnek a hazai mikorrhiza-kutatás. Ez főként Bokor Rezsőnek (1898–1959) volt köszönhető (Bokor 1943), aki 1947-től 1949-ig a Magyar Állami Erdészeti Kutató Intézet igazgatója is volt. A talajmikrobiológia eredményes művelésével a magyar erdészeti kutatásnak nemzetközi viszonylatban is igen komoly elismerést szerzett.

1950-től napjainkig

Szervezeti és személyi vonatkozások

A trianoni sokkot követő lassú talpra állást a II. világháború ismételtelen lefékezte. Az 1940-es évek végétől azonban új erőre kapott a magyar erdőgazdálkodás és ezzel párhuzamosan az erdészeti kutatás is. 1949-ben budapesti központtal megalakult az Erdészeti Tudományos Intézet (ERTI). A Magyar Állami Erdészeti Kutató Intézet pedig ennek az új intézménynek Soproni Állomásaként működött tovább. Egy önálló, a korábbiaknál nagyobb forrásokkal rendelkező erdészeti kutatóintézet létrehozását többek között az is indokolta, hogy a Kaán Károly által fémjelzett alföldfásítási törvényben foglaltak igazából csak a világháború után, az 1940-es évek végétől, az 1950-es évek elejétől váltak valóra. Innen datálható ugyanis egy valóban nagy volumenű erdőtelepítési program kezdete, ami az erdészeti kutatásra is jelentős feladatokat rótt. Ez indokolhatja a jelen fejezetben tárgyalt időszak kezdetének meghatározását is.

Az Erdővédelmi Állomások megalakulásáig (1956), illetve az önálló Erdővédelmi Osztály létrejöttéig (1960) az erdővédelmi kutatások – szoros együttműködésben a főiskola Erdővédelemtani Tanszékével – jellemzően a Soproni Állomáson folytak.

Györfi János 1946-tól egyetemi rendkívüli tanárként oktatta a tágabban értelmezett erdővédelem körébe tartozó tantárgyakat (erdészeti állattan, növénykörtan, állatföldrajz, erdővédelemtan). 1951-ben, politikai okokból elhagyni kényszerült a katedrát. 1966-ban bekövetkezett haláláig az ERTI Soproni Állomásán tevékenykedett. Klasszikussá vált, nagyformátumú könyveit, az „Erdészeti rovtant” (1957a) és az „Erdővédelemtant” (1963) már mint ERTI-s kutató írta meg. Mindkét könyv – habár jelentős részben német szakirodalmi forrásokra alapoznak – a mai napig hasznos információforrás az erdővédelemmel akár kutatóként, akár gyakorlati szakemberként foglalkozók számára. Megjegyzendő, hogy a következő „Erdészeti rovtant” könyv bő négy évtizeddel később, népes szerzőgárda közreműködésével, Tóth József szerkesztésében látott napvilágot (Tóth 1999). Szintén több szerző együttműködése eredményeként, 2001-ben jelent meg az ez idáig legújabb, Varga Ferenc által szerkesztett „Erdővédelemtan” könyv (Varga 2001). Mindkettőre jellemző, hogy a korábbi könyvekhez képest már jelentős arányban szerepelnek bennük hazai kutatási eredmények.

Györfi János kényszerű távozása után Haracsi Lajos (1898–1978) kapott meghívást az Erdővédelemtani Tanszék vezetésére, ebből a beosztásból vonult nyugdíjba 1968-ban. 1953-ban megjelentette az „Erdővédelemtan” című könyvet, 1967-ben pedig a „Rovartan” c. egyetemi jegyzetet, majd 1969-ben „Erdészeti növénykörtan” című könyvét. Későbbi, tematikus erdészeti növénykörtani könyvként említendő még Igmándy Zoltán taplógombákkal foglalkozó monográfiája (Igmándy 1991), illetve Szabó Ilona „Erdei fák betegségei” c. munkája (Szabó 2003).

Haracsi Lajostól Igmándy Zoltán (1925–2000) vette át a stafétát, és bő két évtizeden át (1968–1990) vezette a Tanszékét. Varga Ferenc (1936–2017) 1990 és 2001 között volt az Erdővédelemtani Tanszék vezetője. Az ő nyugdíjazása után, 2001 és 2011 között

Varga Szabolcs (a korábbi ERTI osztályvezető) vezette az Erdő- és Faanyagvédelmi Intézetet (2007-től 2011-ig mint Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet). Utódja 2011-től kezdődően Lakatos Ferenc. Az erdővédelmi diszciplínákat (több más mellett) befogadó intézet jelenlegi neve (2021-től) „Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet”.

Az erdővédelmi kutatások történetében mérőköveknek tekinthető az 1956-os esztendő, amikor is az Országos Erdészeti Főigazgatóság 24/1956 sz. rendeletével három Erdővédelmi Állomás (Sopron, Eger, Budakeszi) felállítását rendelte el. Az OEF 10/1958 sz. rendelete kibővítette az állomások feladatkörét, és szabályozta azok területi illetékességét. Ezek az állomások az önálló Erdővédelmi Osztály közvetlen elődjének tekinthetők.

Balassa Gyula (1903–1974), az egykori Országos Erdészeti Főigazgatóság miniszterhelyettesi rangú vezetője 1960. november 25-i keltezésű levelében bízta meg Pagony Hubertet (1925–2003) az Erdészeti Tudományos Intézet



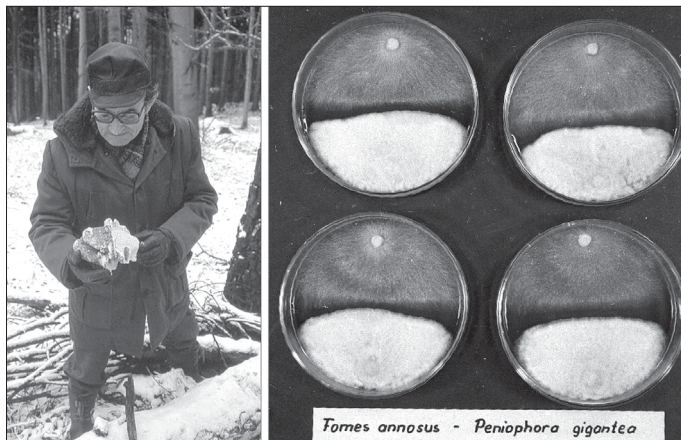
Az EFE Erdővédelemtani Tanszékének egykori három vezetője. Jobbról balra haladva: Igmándy Zoltán (1925–2000), Haracsi Lajos (1898–1978) és Varga Ferenc (1936–2017). A kép baloldalán Stubna Valér (1913–1974), a Tanszék adjunktusa látható (Forrás: SOE EMK fotóarchívum)



Varga Ferenc jubileumi tanórája az oktatóként megkezdett 100. (egyben utolsó) soproni szemesztere alkalmából rendezett ünnepségen (Forrás: SOE EMK fotóarchívum)

Erdővédelmi Osztályának megalakításával, illetve ki-nevezte őt osztályvezetővé, aki nyugdíjazásáig, 25 éven keresztül vezette az Osztályt. A kutatói és technikai gárdát a korábban említett Erdővédelmi Állomások adták. Az Osztály megalakítását éppen a suboptimális termőhelyen létesített fiatal erdők (többnyire fenyvesek) egyre gyakoribb és súlyosabb erdővédelmi problémái indokolták (Tóth és Csóka

2010). Pagony Hubert ugyan eredendően vérbeli növénykórtanos volt, ugyanakkor kellően széles látókörű ahhoz, hogy hatékonyan támogassa az Erdővédelmi Figyelő-Jelzőszolgálat, ezen belül pedig az Erdészeti Fénycsapda Hálózat létrehozását, később pedig működtetését. Ezek feladata többek között a magyar erdőkben bekövetkező abiotikus és biotikus károk regisztrálása, összegzése és értékelése (részletesen később). Utódja mintegy három évre (1984–1987) az a Varga Szabolcs, aki Sop-



Pagony Hubert (1925–2003) az ERTI Erdővédelmi Osztályának alapítója, nyugdíjazásáig vezetője. Vérbeli növénykórtanos volt, de vezetése alatt alakult meg az Erdészeti Fénycsapda Hálózat és az Erdővédelmi Figyelő-Jelzőszolgálati rendszer is. Szakmai munkásságának súlypontját a gyökérrontó tapló elleni biológiai védekezés jelentette. A jobboldali képen egy laboratóriumi kísérletéről készült felvétel látható (Forrás: Koltay András és SOE ERTI fotóarchívum)



Az Erdőmérnöki Kar Nevében Lakatos Ferenc köszönti Leskó Katalint és Tóth Józsefet a 75. születésnapjuk alkalmából Mátrafüreden megrendezett ünnepi konferencián (Forrás: Eötvös Csaba Béla)

ronba került, és később tanszékvezető/intézetigazgató lett. Tóth József 1987-től 2004-ig, nyugdíjazásáig vezette az Osztályt. 2004-től kezdődően Csóka György követi őt a napjainkban Mátrafüreden állomásozó Erdővédelmi Osztály vezetésében.

A következőkben fajoként, illetve fajcsoportonként tekintjük át a főbb erdővédelmi problémaköröket, illetve az általuk generált kutatásokat.

A fenyők néhány erdővédelmi vonatkozású problémaköre

Pinus állományok erdővédelmi problémái

Mivel az erdőtelepítések jelentős részben erdei- vagy feketefenyővel valósultak meg, a velük kapcsolatos erdővédelmi problémák egyre nagyobb jelentőséget nyertek, és a fenyőtermesztés egész vertikumát érintették, a maggazdálkodástól kezdve a fiatalosok problémáin keresztül az idősebb állományokig.

1951–52-ben a Soproni Állomáson dolgozott Igmándy Zoltán, az Erdővédelemtani Tanszék későbbi kiváló, karizmatikus professzora. Együttműködve a Növényvédelmi Kutató Intézettel, meghatározták a fenyőcsemetedőlést okozó gombafajokat (Igmándy 1953). A *Rhizoctonia*, *Pythium* és a *Fusarium* fajok ellen védekezési kísérletek is történtek. A fenyőcsemeték dőlésének problémája egyébként még ezután is jó ideig napirenden volt (Lengyel et al. 1966; Hangyálné 1973; Hangyálné et al. 1980).

Fenyő csemetéken tűhullást okozó tükarcgombá(k)ra már a 19. század végén (Mendelik 1884; Belházy 1885), illetve a 20. század legelején (Tuzson 1901) is felfigyelték, de csak jóval később, Pagony Hubert foglalkozott a problémával intenzíven. Feltárta a faj életmódját (Pagony 1968, 1976), a talaj tápereje és a fertőzés mértéke közötti összefüggéseket (Pagony 1969; Pagony és Prém 1969), illetve javaslatokat tett (köztük vegyszeres technológiát is) a kórokozó elleni védekezésre (Pagony 1963a, 1964a,b; Pagony és Gaskó 1977). Megjegyzendő, hogy 1978-ig a kórokozót egy fajnak (*Lophodermium pinastri*) tekintették, és csak innen kezdve különítik el a *L. seditiosum* fajt. Mai tudásunk szerint csemetéken, illetve csemetekertekben az utóbbi faj bír jelentőséggel, míg a *L. pinastri* inkább fiatal állományokban okoz tűhullást. Ebből kiindulva nagyon valószínű, hogy Pagony Hubert vizsgálatainak tárgya a mai nevezéktannak megfelelően valójában a *L. seditiosum* és nem a *L. pinastri* volt. Az utóbbi évtizedben a fenyőtelepítések drasztikus csökkenése miatt a csemetekertekben előállított csemeték száma is visszaesett, így a kórokozó jelentősége is háttérbe szorult, amit a klímaváltozás is elősegített. A kórokozó ugyanis leginkább abban az esetben tud tömegesen fellépni, amennyiben a tavaszi-nyári csapadék mennyisége eléri a 400–500 mm-t. Mivel manapság a klímaváltozás eredményeként ennyi csapadék szinte soha nem hullik le az adott időszakban, a kórokozó azon kevés fajok közé tartozik, amelynek jelentősége csökken a klímaváltozás hatására.

A gyökérrontó tapló (*Heterobasidion annosum*, korábban *Fomes annosus*) lucon való előfordulásáról már Györfi (1944b) is cikkezett. Mivel a tapló a luc esetében a fa gesztjét bontja, hatása sokkal lassúbb és kevésbé drámai, mint az erdefenyő és a feketefenyő esetében, ahol a szíjácsot támadja, és így gyors pusztulást okoz. Az 1970-es évekre (amikorra az 1950-es évektől kiterjedten telepített fenyvesek elérték a 20–25 éves kort) egyértelművé vált, hogy a homoki termőhelyeken történő fenyvesítések egyik legjelentősebb erdővédelmi problémája a gyökérrontó tapló. A Duna–Tisza közti és a somogyi fenyvesekben az első nevelővágást követően (akár már az állományok 20 éves kora előtt is) jelentős fapusztulást, az állományok kiritkulását, ennek révén többek között jelentős növedékvesztéseket okoz, illetve inváziós fa- és cserjefajok (bálványfa, kései meggy stb.) töme-

ges betelepését teszi lehetővé. Ennek megfelelően a gyökérrontó taplóhoz kapcsolódó problémák megoldása bő két évtizeden keresztül a hazai erdővédelmi kutatások egyik fő témakörét szolgáltatta. Először a kártételével kapcsolatos beszámolók jelentek meg (Hangyálné 1975; Kiss és Pagony 1975; Pagony 1980a,b), majd az életmódjával kapcsolatos tudományos közlések is napvilágot láttak (Pagony 1978, 1981; Pagony és Szántó 1995, 1996, 1997). A kórokozó kártételének csökkentésére számos javaslat született. Ezek közül a legjelentősebb a faj antagonistájával, az óriás terülogombával (*Peniophora gigantaea*) történő biológiai védekezés. Ennek lényege, hogy a nevelővágások során visszamaradó friss tuskókra ecseteléssel, vagy a motorfűrész lánckenő olajával kijuttatott spóraszuszpenzióval megtelepített terülogomba antagonistája hatására akadályozza a gyökérrontó tapló megtelepedését, így akár egy-két évtizeddel meghosszabbítható a homoki erdeifenyvesek fenntarthatósága (Pagony 1982, 1985; Koltay 1989; Hegedűs et al. 1996). Pagony (1998) ezt a megoldást lucosokban is alkalmazhatónak tartotta.

A spóraszuszpenziót – Penofil néven – az 1980-as évek elejétől forgalmazták, és állami támogatással, jó eredménnyel használta is a gyakorlat. Az 1990-es évek elején a támogatás megszűntével az erdőgazdálkodók érdeklődése lanyhult a készítmény alkalmazását illetően, ami látványosan visszatükröződött a fenyőrontó tapló éves kárterületeinek jelentős növekedésében is (Hegedűs et al. 1996). Ez azzal a sajnálatos tanulsággal is szolgál, hogy az erdőgazdálkodási gyakorlat nem mindig kellően elfogadó a bizonyítottan működő, de a vegyszeres kezelésekre képest kevésbé látványos, hosszú távú, megelőző erdővédelmi eljárásokkal kapcsolatban. A gyakorlat érdeklődése sok esetben csak addig tart, ameddig a támogatások révén, rövid távon is rentábilisan (vagy legalább nullszaldósan) lehet elvégezni egy-egy beavatkozást. Ez annál is inkább aggasztó, mert ha erdeink egészségét hosszabb távon is biztosítani akarjuk, akkor egyre nagyobb hangsúlyt kell kapnia a proaktív, hosszú távú, megelőző erdővédelmi szemléletnek.



*Háti permetezőgéppel végzett vegyszeres védekezési kísérlet tükarcgomba (*Lophodermium seditiosum*) ellen, 1975-ben, a nádasdi (Vas megye) Egyetértés TSz daraboshegyi csemetekertjében. A képen Gaskó Éva, az ERTI Erdővédelmi Osztályának technikusja (Forrás: SOE ERTI fotóarchívum)*

A feketefenyő őshonosan nem fordul elő Magyarországon. Az állományok többségét a II. világháborút követően telepítették, az úgynevezett „fenyvesítési program” keretében. Elsősorban olyan területekre ültették, melyek mezőgazdasági hasznosítása gazdaságtalan volt, vagy a termőhely más fafaj számára alkalmatlannak tűnt. Már a telepítések kezdetén nyilvánvaló volt, hogy ezen területek talaj-, tápanyag- és csapadékviszonyai messze nem ideálisak, csupán határtermőhelyet jelentenek a feketefenyő számára. A nagykiterjedésű monokultúrák és a környezeti tényezők szélsőségei együttesen teremtették meg a különféle betegségek kialakulásának és széles körben való elterjedésének lehetőségét. Az 1980-as évek közepétől felerősödő epidémiák jól jelzik ezt a folyamatot. Sorozatosan jelentek meg új vagy eddig kevésbé ismert kórokozók, mint a *Cenangium ferruginosum*, *Sphaeropsis sapinea*, *Sclerophoma pithyophila*, *Dothistroma septospora*.

A hazai feketefenyő állományokban epidémia jellegű pusztulás csak néhány esetben fordult elő az elmúlt évszázad során. Az első feljegyzett, nagyobb mérvű pusztulás 1946–48-ban jelentkezett. A pusztulás okát Györfi (1953, 1954a) a fenyőkön megjelenő mézszínű tölcsergomba (*Clitocybe mellea* – mai nevén *Armillaria mellea*) elsődleges kártételével, és az ennek következtében legyengült állományokban fellépő „másodlagos rovarok” tömeges megjelenésével magyarázta.

A következő, feketefenyveseket érintő, nagyobb mértékű pusztulási hullám 1960-ban és 1962-ben következett be. Lengyel (1963, 1964) vizsgálatai szerint a hajtáspusztulást elsődlegesen a *Cenangium ferruginosum* kórokozó idézte elő.

Az 1962-es epidémiát követően a feketefenyő állományokban jelentős hajtáspusztulás több mint két évtizeden keresztül nem jelentkezett. 1985-ben azonban ismét nagyarányú elhalások mutatkoztak. A vizsgálatok során egyértelművé vált, hogy a *Sphaeropsis sapinea* (syn. *Diplodia pinea*) konídiumos gomba idézte elő a hajtások megbetegedését. Az 1980-as évek végére a feketefenyő pusztulás országos méretűvé vált. Elsősorban a 20–30 évnél idősebb állományokban jelentkezett (Koltay 1990). A vizsgálatok szerint az epidémia kialakulásában elsődleges szerepet játszott a több éve tartó szélsőségesen száraz, meleg időjárás, amelynek következtében legyengültek az állományok, és így fogékonyabbá váltak a különféle kórokozókkal szemben (Koltay 1999). A feketefenyvesek 1980-as évek közepén kezdődő tű- és hajtáspusztulása az 1960-as években jelentkező elhalásokkal ellentétben nem szűnt meg egy-két év alatt, hanem változó intenzitással, de folyamatosan tapasztalható jelenleg is. Ilyen volt az 1992–1994-ben a Balaton-felvidéki pusztulás vagy az 1997–1998-ban kiújult Balaton-felvidéki epidémia és a Budai hegységben jelentkező intenzív és kiterjedt vörösödés, elhalás. 2010-ben a Mecsekből jeleztek nagyobb arányú fenyőpusztulást, majd 2012-ben a Mátrából és a Keszthelyi-hegységből is érkeztek intenzív pusztulásról adatok.

Az erdei- és feketefenyő gombabetegségeivel kapcsolatban Koltay (2001) jelentetett meg egy tematikus monográfiát.

Az erdei- és feketefenyő monokultúrák területének gyors ütemű növekedése miatt a fentiekben említett kórokozók mellett számos rovarügyi probléma is fellépett, amik jelentőségüktől függően feladatot róttak az erdővédelmi kutatásokra is.

A toboz- és magkárosítók kutatásában (ahogyan több más vonatkozásban is) Győrfi János járt élen. Ebben a témakörben írta meg a „tudományok doktora” cím elnyerését célzó értekezését (Győrfi 1954b), amit a bírálók rendkívül pozitívan értékelték. Ebben a munkájában a *Pinus*-ok mellett más fenyőfajokat is érintett. Közel két évtizeddel később – főként a vegyszeres védekezés lehetőségeire koncentrálna – éledtek újra az ezirányú kutatások. Fodor (1972, 1973) a tobozevő fenyőbogár (*Pissodes validirostris*) és a szintén tobozkárosító fenyőragó karcsúmoly (*Dioryctria abietella*) lárvái ellen javasolt vegyszereket, illetve védekezési lehetőségeket. A fenyvesítés ütemének és volumenének csökkenésével a témakör iránti tudományos érdeklődés is jelentősen megcsappant. Ugyanakkor a szárazságtűrő feketefenyőnek nem mindenütt van alternatívája, így egyes régiókban újraéled a maggazdálkodás iránt érdeklődés is. Ebben a vonatkozásban új problémát jelent egy idegenhonos, inváziós faj, az észak-amerikai származású nyugati levéllábú poloska (*Leptoglossus occidentalis*) 2004-es magyarországi megjelenése (Harmat et al. 2006). Első észlelése óta gyorsan terjeszkedik, tömeges fellépése az életképes fenyőmagok mennyiségét csökkenti, ismételten felvetve ezzel a védekezés szükségességét.

Azokon a felújítási területeken (főként a Nyugat-Dunántúlon), ahol egyidejűleg van jelen friss fenyőtuskó és 2–4 éves fenyőcsemete, a nagy fenyőormányos (*Hylobius abietis*) a csemetekérgének rágásával érzékeny károkat okozhat. A vegyszeres védekezési kísérletek (Kiss 1966; Fodor 1986) mellett, Pagony Hubert felvetése alapján, a *Peniophora gigantea* spóraszuszpenzióival biológiai védekezési kísérletek is zajlottak. Ennek elvi alapja (hasonlóan a *Heterobasidion annosum* elleni védekezéshez), hogy a gyorsan terjeszkedő gomba alkalmatlanná teszi a közeget a tuskó kérge alatt fejlődő ormányoslárvák számára. Ezek a kezelések sokkal eredményesebbnek bizonyultak, mint a tuskók vegyszeres (Novenda) kezelése (Hegedűs és Fodor 1987).

A fésűs fenyődarazsakról (*Diprionidae*) szórványosan már a 19. század végétől kezdődően cikkeztek, de az 1950-es évek végén és az 1960-as évek elején léptek fel nagy területen, olyan tömegesen, ami már egyértelműen rávilágított jelentőségükre. Az Erdészeti Tudományos Intézetben Kolonits József (1932–2002) foglalkozott intenzíven az erdővédelmi szempontból legjelentősebb két fajjal (mai nevükön *Neodiprion sertifer* és *Diprion pini*). Az előbbi egy-, az utóbbi kétnemzedékes. Tömeges fellépésükre 8–10 évenként kerül sor. A kártételükről szóló beszámolók mellett a fajok életmódjára, természetes ellenségeikre vonatkozóan is ismertet megfigyeléseket (Kolonits 1962, 1965). A parazitoid rovarok mellett a *Neodiprion sertifer* populációiban 80–85%-os mortalitást okozó vírusfertőzést is említ. A petecsomók és a bábgyökök számlálására alapozva módszert javasol a két faj kártételének előrejelzésére (Kolonits 1966). A kor szellemének megfelelően védekezésként a megszüntető permetezést ajánlották (Kolonits 1962, 1968a) olyan szerekkel (pl. DDT, HCH-Lindán, Wofatox), amiket azóta már régen betiltottak. Nagy és Tarjáné (1973) szintén kémiai megszüntető védekezést ismertet, a forgalomból azóta már szintén kivont Foszfotion nevű szerrel. Megjegyzendő, hogy Finnországból ebben az időben már a *N. sertifer* elleni sikeres védekezési kísérletekről számolnak be a faj sejtmagvírusának alkalmazásával (Nuorteva 1972). A vírusalapú, Neocheck-S néven szabadalmaztatott biopreparátumot az Egyesült Államokban is sikeresen alkalmazták

(Podgwaite et al. 1984). Bár Dufflinka et al. (1983) már az 1980-as években védekezési lehetőségként említik a víruskészítményt, Magyarországon ez a technológia nem terjedt el. Még egy bő évtizeddel később is olyan szereket használtak (Chinetrin 25 EC) a *N. sertifer* lárvaí ellen (Reiderné Saly K. 1996), aminek engedélyét nem sokkal később visszavonták.

A fenyőtűt fogyasztó levéldarázs lárvák mellett Magyarország jelenlegi területén csupán egy lepkefaj, a fenyőpohók (*Dendrolimus pini*) hernyói okoztak említésre méltó tűveszteséget. A faj két tömegszaporodását jegyezték fel, mindkét esetben tisztítási korú erdei- (kisebb részben fekete-) fenyvesben lépett fel tömegesen. 1966–67-ben Hegyeshalom közelében (Varga 1966; Lengyel 1966; Benedek 1969), 1986–87-ben pedig Pakson, az atomerőműből kiinduló magasfeszültségű vezetékek közvetlen környezetében (Ambrus és Csóka 1987, 1989a,b; Csóka et al. 1989). Önmagában is érdekes állatföldrajzi vonatkozású jelenség, hogy a korábban hegy- és dombvidékieknek tartott fajok milyen készségesen követik az eredeti elterjedési területen kívül tömegesen megjelenő tápnövényüket. A nagymértékű tűvesztés nagyban csökkentette a fiatal fenyők átmérőnövekedését és jelentős mértékű mortalitást is okozott (Csóka 1988a, 1991). Megjegyezhető, hogy



A fenyőilonca elleni védekezési kísérlet keretében alkalmazott aeroszolos permetezőgép beüzemelése. A kép álló alakja Lengyel György (1925–1998), a kísérletek irányítója. A vizsgálatok eredményei több közleményben láttak napvilágot (Forrás: SOE ERTI fotóarchívum)

Csóka (1990) előrejelzése – miszerint a fenyőpohók és más tűfogyasztó nagylepkek (*Panolis flammea*, *Bupalus piniarius* stb.) ismétlődő, nagykiterjedésű kártételeire számítani kell a szuboptimális termőhelyen tenyésző *Pinus* állományokban – máig sem igazolódott be, annak ellenére, hogy a jelentős mértékben fenyvesített körzetekben működő fénycsapdák az említett fajokat nagy számban fogják.

A tűfogyasztók mellett természetesen más rovarfajok is tömegessé váltak a kiterjedt fenyvesítések hatására. A fenyőiloncát (*Rhyacionia buoliana* – korábbi nevén *Evetria buoliana*) Győrfi (1955, 1957b) még, mint új erdővédelmi problémát említi. Az 1960-as évek elejétől elindult a faj elleni vegyszeres védekezési technológiák kidolgozása (Pagony 1963b; Lengyel 1969a,b, 1975; Fodor 1977; Fodor és Halmágyi 1978; Fodor és Takács 1981). Ezzel párhuzamosan a faj életmódjával és kártételével kapcsolatos vizsgálatok is zajlottak (Tóth 1973a,b, 1974; Fodor 1977; Szalay-Marzsó és Tóth 1979). Halupáné et al. (1974, 1975) például azt is vizsgálták, hogy a fenyők papíripari felhasználására milyen hatással van a fenyőilonca által károsított faanyag.

A vegyszeres kezelés időzítéséhez fontos volt a lepkék rajzásának előrejelzése. Ennek érdekében szexuálatraktánsokkal és fénycsapdákkal folytak vizsgálatok (Tóth 1973; Gál és Eke 1978), illetve hősszeg-számítással is megkísérelték az optimális védekezési idő meghatározását (Varga 1987).

Érdekességként említhető, hogy az akkor „fenyő tekercs” néven nevezett faj ellen már a 19. század végén is próbáltak védekezni a királyhalmi (ma Ásotthalom) erdőőri szakiskola fenyőtelepítésében, a bábágyul is szolgáló károsított rügyek összegyűjtésével és elégetésével, valamint enyves fogólécekkel és füstöléssel (Anon. 1892a).

Napjainkban a fiatal erdeifenyvesek területének csökkenésével a fenyőilonca jelentősége is csökken. Amíg például 1973-ban a 12 000 ha-t is meghaladta a bejelentett kárterület, napjainkban már csak néhány tíz, esetleg néhány száz hektárról érkezik kárjelentés.

A *Pinus*-okon fellépő szúkról, elsősorban a nagy fenyőbéliszúró (*Myelophilus piniperda*, jelenlegi nevén *Tomicus piniperda*) már a 19. század végén és a 20. század legelején is cikkeznek (Dercsényi 1890; Michalus 1899; Vollnhofer 1903). A faj az 1970-es évek elejétől kezdve került újra napirendre (Göde 1969; Tóth 1971, 1986), amikor már az alföldi fenyvesekben is megjelentek szembetűnő kártételei. Ekkor már célirányosan vizsgálják az életmódját (Tóth 1971), ugyanakkor kártételeinek mérséklésére a mai napig csupán általános, megelőző jellegű javaslatok tehetők, mint pl. a megfelelő termőhelymegválasztás, a gyengélkedő/pusztuló, illetve az előhasználatok során kivágott faegyedek eltávolítása. Hasonló a helyzet a hatfogú szú (*Ips sexdentatus*) esetében is (Tóth 1985).

A luc és egyéb fenyőfajok erdővédelmi problémái

A luc területfoglalását és fatérfogatát tekintve messze nem a legfontosabb fafaj a mai Magyarországon. Mindazonáltal az ország nyugati részében még mindig található olyan állományai, melyek jelentőséggel bírnak. Ráadásul a lucfenyő a klímaváltozás által leginkább érintett fafajok közé tartozik (a bükkal együtt), így hazánkban és határainkon túl is jelentős pusztulása figyelhető meg. A fafaj legjelentősebb erdővédelmi problémája a szúkártétel.

A szűbogarak első jelentősebb kártételét a II. világháború után, 1946–1948 között jegyezték fel. Minden bizonnyal voltak már ezt megelőzően is károk, hiszen Téglás 1873-ban, Fekete 1876-ban már kárt okozó bogarakként említi a szúkat. A sort folytathatjuk Fekete et al. 1877-ben megjelent cikkével, melyben az Országos Erdészeti Egyesület véleményét közli, mely szerint a „fenyőszú (*Bostrychus typographus*, mai nevén *Ips typographus*) a lucfenyőnél károsabb, mint más szúfajok, mivel láncreakciót vált ki...”. Többször felmerült a kérdés, hogy vajon elsődleges vagy másodlagos hatású fajokról van-e szó (Haracsi 1944; Győrfi 1950d). Az 1950–60-as években Győrfi János foglalkozott behatóbban a témával. Több publikációja is megjelent a különböző szúfajokról, illetve az azokból kinevelt természetes ellenségekről (Győrfi 1941e, 1954c). Ezt követően az ERTI Erdővédelmi Osztályának munkatársai vizsgálták a hazai fenyőállományok egészségi állapotát és több esetben kitértek az erdeifenyő mellett a lucfenyő problémáira is (Pagony et al. 1987).

A szűbogarak kártétele azonban csökkent, és az 1990-es évekig nem nagyon jelentkező jelentősebb általuk okozott pusztulás (Lakatos 1991). Ezután előbb a Soproni-hegységben (Lakatos 1995), majd a nyugati országrész több területén (Kőszegi-hegység, Őrség) jelentkező jelentős kártételük (Lakatos 1997a,b; Pagony és Lakatos 1997). Ekkor új lendületet vettek a szűbogarakkal, kártételükkel és az ellenük való védekezés lehetőségeivel foglalkozó kutatások. Meghonosodtak az egyes szűfajok monitorozására alkalmazható feromonos csapdák (Lakatos 1992, 1997c, 1999a; Lakatos és Tuba 2011). Gyakran felmerült a kérdés, hogy mikor és hogyan kell a megtámadott fákat kitermelni, milyen módszerekkel csökkenthető a kártételük (Lakatos 2003; Lakatos és Kovács 2006). Ezen az alapokon elindulva egy új kutatási irány alakult ki az Egyetem Erdővédelemtani Tanszékén, részben nemzetközi együttműködésben. Ez pedig a szűbogarak genetikai vizsgálata (Lakatos 1999b). Elemezték a betűzőszű jégkorszak után bekövetkezett kolonizációját (Stauffer et al. 1999), de folytak vizsgálatok inváziós szűfajokkal kapcsolatosan is (Lakatos et al. 2007). A genetikai módszerek több taxonómiai kérdés megválaszolásában is segítséget nyújtottak (Stauffer et al. 1997; Buhroo és Lakatos 2011).

Több szűfajnál ismert a gombákkal való együttélés. Mind a szilpusztulással, mind a tölgypusztulással kapcsolatban bebizonyosodott, hogy a legyengült fában megtelepedő szűk a *Ceratocystis* és az *Ophiostoma* gombanemzetség különböző fajait hordozzák magukkal. Ezen gombák végül is edényeltömődést és a fa pusztulását okozzák. Kevésbé ismert viszont, hogy a fenyőfélék szűkárosítói is hordoznak magukkal több gombafajt. A legjelentősebb az *Ips typographus* – *Ophiostoma ainoae* páros, de számos további *Ceratocystis* és *Ophiostoma* faj került elő a betűzőszű járataiból. Ezek a kékülést okozó gombafajok aktívan részt vesznek a gazdanövény elpusztításában, segítik legyőzni a fa ellenállóképességét. Ez a kutatási vonal a legutóbbi években került előtérbe, ennek keretében folyik az egyes szűfajokhoz kötődő gombaközösségek feltárása (Lakatos et al. 2008; Balázs et al. 2021).

A fenyőfélék legfontosabb károsítóit és kórokozóit Lakatos és Szabó (2001) egy jól illusztrált kismonográfiában ismertetik.

A nyárák és fűzek néhány erdővédelmi vonatkozású problémaköre

Az ültetvényes nyárgazdálkodás szintén meglehetősen sok erdővédelmi problémát hozott a felszínre. A különböző rovar- és kórtani kérdések egyaránt jelentős kutatási, illetve publikációs aktivitást váltottak ki. Ehelyütt a teljesség igénye nélkül, vázlatosan néhány kiemelkedő jelentőségű témakört érintünk.

Az 1950-es évek elejétől kezdve számos növénykórtani probléma merült fel Európa-szerte, így Magyarországon is. Györfi (1952) egy általa „nyárfakéregfekély”-nek elnevezett tünetről számolt be, de a kórokozót még nem tudta megbízhatóan azonosítani. Kiváltó okként baktériumos fertőzést feltételezett. A kárkép leírása alapján ma sem azonosítható egyértelműen, hogy milyen fajról van szó. Két évvel később (Györfi 1954d) némileg eltérő tünetleírással már a *Dothichiza populea*-t (mai nevén *Crypdodiaporthe populea*) nevezi meg a „nyárfakéregfalál” okaként. Emellett további gombafajokról (*Cytospora*

chrysosperma, *Nectria galligena*) és egy baktériumról (*Pseudomonas syringae* f. sp. *populea*) is említést tesz. Utal az egyes nyárfajok, illetve fajták ezen kórokozókval szembeni eltérő fogékonyására.

A *D. populea* (*C. populea*) egyébként a mai napig számottevő jelentőséggel bír. Szilágyi (1961) más kórokozók mellett részletesen ismerteti a faj által okozott tüneteket, a kár mértékét befolyásoló környezeti tényezőket, illetve a védekezési lehetőségeket. Megállapítja, hogy az egyes fajták öröklött tulajdonságai mellett a termőhelyi viszonyok is meghatározóak. Eszerint a nagyon száraz, a pangóvízes, kötött talajon gyakoribb a megbetegedés. A növőtér hatását szintén jelentősnek tartja, eszerint a 16 m²-nél kisebb növőtér, illetve a megkésett nevelővágások is növelik a kockázatot.

Szilágyi (1967) a nyárdugvány előállítás hatásait vizsgálta a *Dothichiza* fertőzés mértékének szempontjából. Fő következtetése, hogy minél inkább a vesszők felső részéből készítik a dugványt a fogékony fajták esetében, annál kisebb a pusztulás mértéke.

Gergác (1969) szintén a patogén gombafajok nyár szaporítóanyagra gyakorolt hatásáról közöl tanulmányt. Ez már csak azért is számottevő jelentőséggel bír, mert a korábban már említett kórokozók fő fertőzési ideje egybeesik a dugványtermelés szokásos időszakával. Vizsgálati eredményei szerint a tárolt dugványok vízvesztésének megakadályozásával, illetve fungicides fertőtlenítéssel jelentős részben megelőzhető a fertőzés.

Folcz (1990) a meteorológiai tényezők szerepét vizsgálta a kéregfekély járvány kialakulásában. Eszerint a *D. populea* (ma *C. populea*) az enyhe párás teleket kedveli, hifája fagypony felett már fejlődik. A május-júniusi időszakban viszont alacsonyabb légnedvesség (67–72%) és 150 mm körüli csapadék az optimális számára. Ezt követően már a nagyobb csapadékmennyiség a kedvező, ez segíti jobban a spórák terjedését.

A levélfoltosodást, idő előtti lombhullást és hajtáspusztulást okozó *Marssonina* gombák jelentőségét ismertette Gergác (1967). Két jelentősebb fajt (*Marssonina populi nigrae* és *M. brunnea*) említ. Az előbbi főként a fekete nyárákon, az utóbbi minden euramerikai nemes nyáron előfordul, ezért nagyobb jelentőséggel is bír. Az egyes fajták jelentősen eltérő fogékonyaságot mutatnak velük szemben. Ez alapján négy kategóriába sorolta az akkor természetett leggyakoribb fajtákat. Megállapította továbbá, hogy a meleg, csapadékos időjárás kedvező a *Marssonina* fertőzések kialakulásához.

A nyárákon élő rozsdagombák gazdaváltó életmódja miatt a köztesgazdák, mint a fenyők és egyes lágyszárúak (pl. *Alliumok*) fizikai közelsége növeli a nyárák fertőzési kockázatát. Reuter (1962) szerint kerülni kell a fenyvesek és nyárasok egymás közelében való természetését, valamint javasolja a fenyőtelepítések, illetve fenyő csemetekertek mellől a rezgő nyárák eltávolítását. Varga és Szabó (1993) ismertetik az erdei fák fontosabb rozsdabetegségeit, köztük a nyárákon előforduló fajokat is. Szántó és Steenackers (1998, 1999) a nemesnyárasokban előforduló rozsdagombákról közöl két tanulmányt. Legfontosabb fajokként a *Melampsora larici-populina*-t és a *M. allii-populina*-t említik. Jelenetőségüket főként abban látják, hogy gátolják a hajtáscsúcsok beérését, a korai lombhullás miatt növekedéscsökkenést okoznak, illetve fogékonyabbá teszik a megtámadott fákat más kórokozók (pl. *C. populea*) fertőzésével szemben. Megemlítik továbbá, hogy ezen fajoknak valószínűleg számos rassa fordul elő Magyarországon.

A nyárok álgesztesedését és bélkorhadását Pagony (1957, 1961, 1962a, b) tanulmányozta. Megállapította, hogy a bélkorhadások jellemzően az álgesztekéből alakulnak ki, az álgeszt képződését gombák váltják ki. Közülük legjelentősebbnek a *Pholiota destruens*-t és a *Phellinus igniarius*-t tartotta. Ezek a mechanikai eredetű, illetve fagy okozta sérüléseken keresztül fertőznek. Az erős fertőzés egyik előfeltétele a kellő időben történő ágfeltisztulás hiánya, ami jelentős részben a kedvezőtlen állományszerkezetre vezethető vissza. Elegyes, többszintű állományok kialakításával, a mesterséges nyesés elkerülésével a károk kockázata jelentősen csökkenthető (Pagony 1967).

Gergác (1978) az Aigeiros szekcióba tartozó nyárok rezisztencia-nemesítésének lehetőségeit tárgyalja, ami megoldást jelenthet számos gombabetegséggel szemben.

A nemes nyárok újkéletű betegségei között kell megemlíteni a baktériumos kéregelhalást. Az első tünetek tömegesen a Kecskemét – Szolnok – Albertirsa által határolt térségben jelentkeztek 2007–2008-ban, majd a következő években már országsszerte is feltűntek. A vizsgálatok során egyértelműen igazolást nyert, hogy egy eddig Magyarországon ismeretlen baktérium, a *Lonsdalea populi* idézi elő a tüneteket (Tóth et al. 2013). A *Lonsdalea populi* rokonsági körébe csaknem kizárólag növényi kórokozó baktériumok tartoznak, közülük számos faj erdészeti szempontból is jelentős. A *Lonsdalea* genusz többi faja különféle tölgyeken (*L. quercina* – vörös tölgy, *L. iberica* – mediterrán tölgyfajok, *L. britannica* – kocsányos és kocsánytalan tölgy), a közeli rokon *Brenneria* baktériumok fűz fajokon, enyves égeren, dión és platánon okoznak folyásos tünetekkel is járó kéregrakosodást. Míg a *Lonsdalea* fajok közül eddig csak a nyár kórokozója került elő hazánkba, addig a *Brenneria* fajok közül már korábban ismert volt két faj magyarországi előfordulása. Elsőként a fűzfákon hervadást okozó *Brenneria salicis* fajt jelezték 1999-ben, majd 2013-ban közönséges dión sekély kéregrakot okozó *Brenneria nigrifluens* baktériumfajt (Végh et al. 2013). További fajok, mint például szil- és nyírfák vizsgálata folyamatban van, melyeken szintén *Brenneria* faj a tünetekért felelős kórokozó. A *Lonsdalea* baktérium az irodalmi adatok szerint eddig mindössze négy országban, Spanyolország északi részén, Portugáliában, valamint Kínában és hazánkban tűnt fel közel azonos időben, a 2000-es évek második felében. 2019-ben Szerbiából is jeleztek hasonló tüneteket 'I-214' klón egyedeiről (Zlatković et al. 2020). Az izolátumok molekuláris biológiai módszerekkel történt összehasonlítása alapján egyértelműen beigazolódott, hogy ugyanazon faj jelent meg valamennyi országban (Yong et al. 2017).

A nyárrakkal kapcsolatos rovartani problémáról szólva elsőként mindenképpen Szontagh Pált (1925–2008) kell kiemelni, aki kutatói pályájának talán legnagyobb hatású szegmensében a nyárok xilofág rovaraival foglalkozott. Feltárta a tarka égerormányos (*Cryptorrhynchus lapathi*) életmódját és az általa, nemes nyár anyatelepeken okozott károkat (Szontagh 1961a, 1964). Kutatta a nyártermesztés szempontjából jelentős két üvegszárnyú lepkefaj (Lepidoptera: Sesiiidae), az *Aegeria apiformis* és *Paranthrene tabaniformis* kártételét, életmódját, beleértve természetes ellenségeiket is (Szontagh 1965a, b, 1968, 1971a). Tanulmányozta a kis nyárfacincér (*Saperda populnea*) (Szontagh 1967), a nagy nyárfacincér (*Saperda carcharias*) (Szontagh 1971b), a nyár karcsúdíszbogár (mai nevén *Agrilus populneus*) (Szontagh 1975, 1979a), valamint a nyárfa apróbogoly (*Nycteola*

asiatica) (Szontagh 1979b) életmódját, kártételét és az ellenük való védekezés lehetőségeit. Gyakorlatias ajánlásai a vegyszeres védekezések mellett azokat a technológiai szempontokat (nyesések ideje, sebzések kerülése stb.) is érintették, ami a károk megelőzését, illetve a kárkórázat csökkentését szolgálták (Szontagh 1971c). Mindezeket egy fényképekkel gazdagon illusztrált kismonográfiában foglalta össze (Szontagh 1990). A lágy lombos fafajok (nyárok, fűzek, égerék) jelentősebb rovarairól és kórokozóiról Lakatos és Szabó (2005) jelentetett meg tömör összefoglalókat és jó minőségű színes rajzokat tartalmazó kiadványt.



Szontagh Pál (1925–2008) több évtizeden keresztül az erdészeti entomológia egyik meghatározó személyisége volt. Számos témakörrel foglalkozott, munkásságának legjelentősebb szegmensét azonban a nyárok és fűzek rovarvándorlásának problémái képezték (Forrás: SOE ERTI fotóarchívum)

Az akác néhány erdővédelmi vonatkozású problémaköre

Az akác legjelentősebb törkorhasztó gombájaként Igmándy (1961) a kőristaplót (*Fomes fraxineus*) nevezi meg. Ez és számos további faj (*Collybia velutipes*, *Armillaria mellea*, *Ganoderma applanatum*, *Phellinus contiguus*, *Phellinus robustus*, *Grifola sulphurea*) akácon való előfordulását, illetve fertőzési módját, jelentőségét ismerteti Padányi Gulyás (1974) valamint Eszes és Igmándy (1978).

Akácosságaink egyik fontos és elterjedt kórokozója a *Diaporthe oncostoma* (anamorfa: *Phomopsis oncostoma*). Az akác kéregrák betegségéről először Vajna (2001) számolt be. A kórokozó hazai megjelenése és elterjedése az ezredfordulóra tehető, de eredetére és első hazai megjelenésére vonatkozóan nincsenek biztos adataink. Tömeges előfordulását 2006-ban tapasztalták először a Duna–Tisza közén, valamint a nyírségi fiatal akác állományokban. A kórokozó nagyobb arányú fertőzése 2007-ben következett be az országszerte jelentkező, kiterjedt és igen erős mértékű, tavaszi fagykárokat követően. A gomba gyengültségi, illetve sebzésparazitának tekinthető, támadása ennek megfelelően nagymértékben függ a környezeti tényezőktől. A gyenge termőhely, aszály, kései fagy, vadragás mind elősegítheti a fertőzések kialakulását. Fiatal állományokban a törrevágás és a fertőzött anyag elégetése segíthet a kórokozó tüneteinek csökkentésében (Hirka et al. 2008).

A 19. század és a 20. század első negyedében a gyorsan növekvő területet elfoglaló akácokban jelentős aggodalmat keltett az Európában honos, polifág akác pajzstetű

(*Parthenolecanium corni*). Magyar nevét az indokolja, hogy az akácon való megjelenése okán kapott nagyobb figyelmet. Az előzetes várakozásokkal ellentétben a probléma „lecsengett”, már régóta nem tulajdonítunk neki számottevő erdővédelmi jelentőséget. Hosszabb ideig az akác mellett szóló egyik érv volt az is, hogy viszonylag kevés olyan fogyasztó faj él rajta, ami kártételi szintű népességgel jelenne meg.

Ugyanakkor nyilvánvaló az is, hogy a tömegesen természetett idegenhonos fafajon előbb-utóbb akaratlan behurcolás révén megjelennek az őshazájában ismert fogyasztók (Liebhold 2012; Csóka et al. 2017; Mally et al. 2021), illetve az új elterjedési területen honos fajok is (Leskó és Szabóky 2003; Kulfan 2012). Mint ahogy az is, hogy a nagyki-terjedésű monokultúrákban természetett fajaj fokozott erdővédelmi kockázatoknak van kitéve.

Európában és Magyarországon az elmúlt fél évszázadban három idegenhonos, akácspecialista rovarfaj – a *Parectopa robiniiella* és a *Phyllonorycter robiniiella* aknázómolyok, valamint az *Obolodiplosis robiniae* gubacsszúnyog – jelent meg és terjedt el széles körben (Szabóky és Csóka 1997a; Csóka 2001, 2006; Skuhrová et al. 2007; Mally et al. 2021). Ezek eddig még nem okoztak gazdaságilag is érzékelhető mértékű károkat, de ennek jövőbeni lehetősége nem zárható ki.

Jelentős lombfogyasztóként, elsősorban akácon, de időnként más fafajokon is egyre gyakrabban lép fel a melegigényes trópusi/mediterrán vándorlepke faj, a gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera*), amit a klímaváltozás egyik kedvezményezettjeként említhetünk (Csóka et al. 2018).

Az akác növényvédelmét taglaló, kifejezetten a gyakorló erdőgazdálkodók számára készült könyv 2002-ben látott napvilágot (Tóth 2002).

A tölgyek néhány erdővédelmi vonatkozású problémaköre

A tölgyekkel kapcsolatos erdővédelmi kutatásokra jelen tanulmányban már több helyen kitértünk. Itt néhány olyan problémát, illetve kutatást említünk, amikről korábban nem, vagy csak érintőlegesen ejtettünk szót.

A tölgyek jelentősebb kórokozói

Az utóbbi időben szinte valamennyi fafajon, így a tölgyeken is megjelentek különféle új kórokozók. A tölgyek lisztharmat okozta problémáit más fejezetekben tárgyaljuk részletesebben.

Korábban úgy tűnt, hogy a klímaváltozás negatív hatásai elkerülik a hazai cser állományokat, de sajnálatos módon nem így történt. Néhány éve az ország több területéről (Cserhát, Cserhát, Somogy, Balaton-felvidék, Mátra, Mecsek, Vértes, Tolna) is jelezték a cseresekben fellépő pusztulásokat (Hirka 2010–2017). A vizsgálatok során egyértelműen beigazolódott, hogy a klimatikus hatások eredményeképpen több károsító és kórokozó is nagyobb arányban megjelent a cser állományokban. Ezek többsége a melegkedvelő fajok közül került ki, mint amilyenek például a díszbogarak.

A rovarok mellett a cserpusztulásban döntő szerepet játszik egy Mediterráneumban jól ismert, kéreg alatt fejlődő, patogén gomba a *Biscogniauxia mediterranea* (syn. *Hypoxylon mediterraneum*). A gomba a mediterrán országokban a paratólgy és a cser ismert, jelentős kórokozója. Európa számos országában, így Magyarországon is előfordul, de a hazai szakirodalom nem, vagy csak nagyon röviden említi (Szabó 2003). 2003-ig az olaszországi Toszkánától északra nem tapasztalták jelentősebb kártételét (Ragazzi et al. 2012). 2003-ban azonban onnan 350 km-re északra, Szlovéniában okozott jelentős károkat. A 2003-as szlovéniai károkról beszámoló szlovén szakemberek már megjegyzik, hogy a klímaváltozás következményeként a faj kártételei északabbra is tolódhatnak. A kórokozó a cser és közvetlen rokonsági körét (pl. paratólgy) preferálja. Ez magyarázza azt a meglepő jelenséget, hogy helyenként az egyébként szárazságtűrőbbnek tartott, tömegesen pusztuló cserkek mellett jó állapotú, tünetmentes kocsányos vagy kocsánytalan tölgyeket is találunk (Jurc és Ogris 2006).

A fertőzés leginkább szembeütő tünete a leváló kéreg alatt megjelenő szétterülő termőréteg, amelynek színe szürkétől a feketéig változhat, bársonyos bevonatot képezve az elhalt kéreg alatt. A gomba fiatalabb és idősebb fákat egyaránt elpusztíthat, de egy állományon belül hatása nem függ a faegyed szociális helyzetétől.

Olasz kutatók kísérleti úton is bizonyították, hogy a gomba tömeges elszaporodásának legfőbb kiváltó tényezője a vízhiány (Vannini és Valentini 1994; Capretti és Battisti 2007). A rovarok okozta erős lombvesztés (pl. gyapjaslepke tömegszaporodáskor) pedig még közepes erősségű aszály esetén is tovább növeli a gomba okozta pusztulás kockázatát. Ezt a megállapítást támasztják alá a hazai tapasztalatok is. A legnagyobb mértékű cserpusztulás azokon a területeken jelentkezett, ahol a 2011–2013-as súlyos aszályokat megelőző 6–8 évben jelentős gyapjaslepke károk voltak. Így például a Kabhegy, Keszthely és Pápa környéke, valamint a Mecsekerdő területén, Boda körzetében (Hirka 2010–2017). Ugyanakkor Kapuvár térségében végzett vizsgálatok szerint, a cser állományokban a *Botryosphaeria stevensii* volt a leggyakrabban azonosított kórokozó, és a *Biscogniauxia mediterranea* gombának csak másodlagos szerepe volt az elhalásokban (Pallós et al. 2018).

A Soproni Egyetem Funkcionális Genomika és Bioinformatika Kutatócsoportja a legutóbbi időkben jelentős nemzetközi visszhangot kiváltó genetikai kutatásokat folytatott/folytat a több fajon (így a tölgyeken is) jelentős kórokozóként ismert *Armillaria* nemzetség fajain. Meghatározták tíznél több *Armillaria* faj teljes genomszekvenciáját, illetve eredményeket értek el a fajok elleni biológiai védekezés lehetőségeit illetően is (Sipos et al. 2017, 2021; Chen et al. 2019; Kedves et al. 2021).

A tölgyek jelentősebb rovarai

A tölgyeken élő rovarfajok közül erdővédelmi szempontból mindenképpen a gyapjaslepke (*Lymantria dispar*) említendő elsőként. A hazai erdővédelmi kutatások történetében ezzel a fajjal foglalkoztak legtöbbször, és a magyar szakirodalomban a kezdetektől fogva ez

a faj szerepel legtöbbször. Jelen tanulmányban is többször feltűnt már, itt olyan kutatási eredményekre utalunk, amiket korábban még nem említettünk.

Közismert, hogy a tápnövény alapvető szerepet játszik a herbivor rovarok, így a gyapjaslepke egyes fejlődési fázisainak túlélésében, illetve a faj reprodukciós képességében. Varga (1965, 1968, 1969, 1975, 1985) laboratóriumi kísérletei eredményei alapján számszerűsíti ezeket a hatásokat oly módon, hogy különböző tápnövényeken összehasonlítja a faj populációdinamikája szempontjából kiemelten fontos komponenseket (pl. összes mortalitás, peteprodukció, ezerpetetömeg stb.). Mindezek alapján főbb cserje- és fafajainkat három csoportba sorolta aszerint, hogy azok mennyire alkalmasak vagy alkalmatlanok a gyapjaslepke hernyói számára. Ezek a következők:

- I. csoport (nem károsítja, nem él meg rajta): kőrisek, vadkörte, fagyal, tiszafa, bálványfa, fekete bodza, kecskerágók.
- II. csoport (a növényt károsítja, de rajta tömegszaporodásra nem képes): akác, balzsamos nyárok, vörösgyűrű som, mezei juhar, fehér nyár, galagonyák, vadrózsák, erdeifenyő, mogyoró, hársak, bükk, kocsánytalan tölgy.
- III. csoport (fő tápnövények, a tömegszaporodást elősegítik): nemes nyár hibridek, gyertyán, mézgás éger, kocsányos tölgy, cser.

Ez a csoportosítás kiválóan rávilágít arra az alapvető jelentőségű tényre, hogy még az erősen polifág rovarfajok esetében is korlátozott azoknak a tápnövényeknek köre, amelyek tömegszaporodások alakulhatnak ki. Ugyanakkor arra is figyelmeztet, hogy a III. csoportba tartozó tápnövények nagy kiterjedésű, elegyetlen állományai nagymértékben megnövelik a tömegszaporodások kialakulásának kockázatát. Egyidejűleg magyarázza azt is, hogy az elegyes állományokban miért kisebb a tömegszaporodások kialakulásának esélye. Ezt a felettebb fontos megállapítást erősítik újabb kutatási eredmények is. Elegyes állományokban a gyapjaslepke hernyók nagyobb eséllyel kényszerülnek tápnövényváltásra (elfogy a táplálék egy adott fán, a szél elsodorja a fiatal hernyót stb.), ez a váltás pedig egyértelműen negatív hatással van fejlődési mutatóikra. Csökken a hernyók testtömege, a kikelő nőtények kevesebb életképes petét raknak (Hillebrand és Tuba 2013; Hillebrand 2020). Ez egyértelműen egy újabb kísérletes bizonyíték, az elegyes állományok – tágabban értelmezve a biodiverzitás – erdővédelmi jelentőségére.

Varga (1964, 1982) a gyapjaslepke által károsított cser állományokban bekövetkező növedékvesztéséget számszerűsítette. Megállapítása szerint a veszteség az éves növedék mintegy 50%-a. Ezen túl – az egyetlen évgyűrűszerkezet miatt – minőségi károk is keletkeznek.

A veszteség mértéke természetesen nagyban függ a termőhelytől (beleértve az aktuális időjárási viszonyokat), a lombvesztés mértékétől, és attól, hogy a lombvesztés egy, avagy több egymást követő évben is kialakul-e. Összességében több más szerző is hasonló mértékű növedékvesztéséről számolt be (Kollwentz 1967; Nagy és Pogrányi 1983; Leskó 1986). Egyidejűleg említették azt is, hogy a rágás negatívan befolyásolja a tölgyek makktermésének mennyiségét is, ami nagyban nehezítheti a természetes felújítást, illetve a tölgy szaporítóanyag előállítását. A tarrágás hatása végzetes lehet erdősítésekben és fiatalosokban, de a hernyókárt követő kárláncolatok miatt (főleg kocsányos tölgy esetében)

a fák, illetve állományok regenerációja lassú (Kollwentz 1969; Leskó 1989; Csóka et al. 2015).

A hazai erdővédelmi gyakorlatban az 1970-es évek végén, az 1980-as évek elején kezdtek el alkalmazni a *Bacillus thuringiensis* alapú biopreparátumokat (Thuricide, Dipel) lombfogyasztó lepkhernyók (*Lymantria dispar* és *Stilpnotia salicis*) ellen. Ezek hatékonyságát, előnyeit és hátrányait taglalták Szalay-Marzsó et al. (1976) és Halmágyi et al. (1982). Szalay-Marzsó et al. (1976) különféle „hagyományos” inszekticidekkel is összehasonlították a biopreparátumok hatását. Érdekességként megjegyzik, hogy a kísérletek során gyűjtött anyagból számos, zoológiai szempontból értékes, sőt hazai faunára nézve új faj is előkerült.

Leskó (1985, 1989), valamint Leskó et al. (1986) a gyapjaslepke és az aranyfarú lepke elleni védekezések eredményeiről számolnak be, amiket több szerrel (*B. t.* alapú szerek, Dimilin, Decis stb.) végeztek. Megjegyzendő, hogy még a leginkább környezetkímélőnek nevezhető biopreparátumoknak is igen sok nemkívánatos mellékhatásuk van. Ezzel együtt is erdővédelmi célú alkalmazásuk jelentős előrelépésnek tekinthető a totális hatású, „taglózó” inszekticidekkel összehasonlítva.

Leskó (1989) megállapítja, hogy az ormánsági kocsányos tölgyesekben mutatkozó állapotromlás jelentős részben a kedvezőtlen környezeti változásokkal, illetve az ezek következményeként egyre gyakrabban és egyre nagyobb területen fellépő lombfogyasztó rovarok (gyapjaslepke, aranyfarú lepke, gyűrűslepke) hatásával magyarázható. Kedvezőtlen környezeti változásként a vízrendezést, az extrém csapadékeloszlást, a július-augusztusi átlaghőmérséklet 1 °C-os növekedését, illetve a hőségnapok számának emelkedését említi.

A tölgyek legjelentősebb lombfogyasztó nagylepkéinek, így a gyapjaslepke (Leskó et al. 1994), az aranyfarú lepke (Leskó et al. 1995), a gyűrűslepke (Leskó et al. 1997) és a téliaraszolók (Leskó et al. 1998, 1999) populációs fluktuációit elemezték hosszú idősorokon (min. 30 év). Az elemzésekhez fénycsapda fogási adatokat, illetve bejelentett kárterületi értékeket használtak. Az összes vizsgált faj esetében megállapították, hogy a tömegszaporodások gyakoriságát és amplitúdóját az időjárási viszonyok, elsősorban is az aszályok jelentős mértékben befolyásolják.

Az időjárást illetően hasonló megállapítást tettek Csóka et al. (2018) a tölgy bűcsújáró lepkével (*Thaumetopoea processionea*) kapcsolatban. Ez a faj az utóbbi két-három évtizedben jelentős északi és nyugati irányú terjeszkedést mutatott Európában. Három nyugat-magyarországi fénycsapda éves fogásait elemezve megállapítható, hogy a lárvastádium időszakának időjárási viszonyai meghatározóak a populációs fluktuációkra nézve. A májustól júliusig terjedő időszak átlagos hőmérséklete pozitívan, ugyanezen időszak csapadékösszege pedig negatívan befolyásolja az adott évi fogási számokat. Ez egyben azt is jelenti, hogy a faj népességének és kárterületének növekedésére kell számítanunk, amennyiben a jelzett időszakok egyre inkább (és egyre gyakrabban) melegebbek és csapadékszegényebbek lesznek.

McManus és Csóka (2007) áttekintették a gyapjaslepke észak-amerikai terjeszkedésnek történetét, illetve összehasonlították az európai és amerikai tömegszaporodások főbb jellegzetességeit. Csóka és Hirka (2009) összefoglalták a gyapjaslepke 2003–2006 között

ti országos tömegszaporodásának tapasztalatait. Egyben vázlatosan kitértek a faj korábbi tömegszaporodásaira is az 1840 és 1961 közötti időszakra vonatkozóan szakirodalmi forrásokra, ezt követően pedig konkrét káradatokra alapozva. Csóka et al. (2015) három fafaj (cser, kocsányos tölgy és bükk) gyapjaslepke által okozott súlyos lombvesztést követő regenerációját vizsgálták. A cser egy éven belül szinte maradéktalanul regenerálódott, a másik két fafaj viszont sokkal lassabban. A kocsányos tölgy esetében a súlyos lisztharmat fertőzés is hátráltatta ezt. Ez a tény a bükkösök szempontjából azért is lehet jelentős, mert a klímaváltozás következményeként – a lombfogyasztó rovarok kárterületeinek vertikális kiterjedése révén – esetleg ezekben is gyakrabban következhet be korábban ritkának számító mértékű lombvesztés.

Klapwijk et al. (2018) öt, tölgyön gyakori lombfogyasztó Lepidoptera-faj (*Lymantria dispar*, *Euproctis chryorrhoea*, *Tortrix viridana*, *Thaumetopoea processionea* és *Malacosoma neustria*) magyarországi kárterületi idősor adatain vizsgálta a fajok szinkronizált fluktuációinak okait. Ezek lehetnek az időjárási viszonyok, a tápnövény indukált védekezése, illetve a közös természetes ellenségek (parazitoidok) hatásai.

Az Ázsiában honos, gyapjaslepke-specifikus kórokozót (*Entomophaga maimaiga*) a múlt század első felében, biológiai védekezés céljából betelepítették az USA-ba, majd onnan 1999-ben Bulgáriába (Pilarska et al. 2000), 2011-ben pedig Szerbiába is (Tabakovic-Tosic et al. 2012). E két országból már spontán terjedés útján jutott be számos további országba (Zúbrik et al. 2016). Magyarországon 2013 júniusában találták meg először. Az ezt követően, rövid időn belül elvégzett célirányos vizsgálatok során az országból gyakorlatilag mindenütt kimutatható volt a jelenléte, a legtöbb helyen tömeges hernyópusztulást is okozott (Csóka et al. 2013). Georgiev et al. (2013) szerint a gomba meghonosítását követően a gyapjaslepke kárterületei drasztikusan lecsökkentek Bulgáriában, gyakorlatilag nincs szükség vegyszeres védekezésre. Bár a gomba magyarországi megtalálása óta eltelt időszak nem elegendő a messzemenő következtetések levonására, de mindenképpen említésre érdemes tény, hogy a gyapjaslepke 2003–2006 közötti országos tömegszaporodása óta a gyapjaslepke kárterületei töredékei a korábbiaknak.

Három országban (Szlovákia, Magyarország és Bulgária), hat helyszínen – ahol 2013-ban magas lárvamortalitást okozott a gomba – négy éven keresztül (2014–2017) végzett gazdaspektrum-vizsgálat eredményei szerint a kórokozó erősen gazdaspecifikus, más lepkefajok hernyóin csak elvétve okoz bizonyítható mortalitást (Zúbrik et al. 2018). Ez egybevág az USA-ban végzett hasonló vizsgálatok (Hajek et al. 2000, 2004) megállapításaival. Ez felveti az augmentatív biológiai védekezés lehetőségét, a fertőzési források szándékos terjesztése révén. Ugyanakkor megemlítendő, hogy a gyapjaslepke, mint domináns lombfogyasztó (legalábbis részbeni) visszaszorulása az eddiginél kedvezőbb helyzetet teremthet más lombfogyasztók (pl. araszolók, sodrómolyok, levéldarazsak stb.) számára, ahogyan azt Eötvös et al. (2021) meg is említik. Ez bizonyos tekintetben módosíthatja a lombos állományokat érintő erdővédelmi megközelítéseket.

Ha van az erdővédelemnek igazán „örökzöld” kérdésköre, akkor a cserebogarakkal kapcsolatos problémák mindenképpen azok. Az írott erdészeti szakirodalom kezdetektől a mai napig érzékelhető az a küzdelem, amit az erdőgazdálkodók folytatnak ellenük

(Anon. 1867, 1887). Negatív hatásuk kettős, a bogarak lombrágásával, a pajorok pedig a csemeték, illetve fiatal fák gyökereinek megrágásával okoznak komoly problémákat. A pajorkárok messze súlyosabbak, mint az imágók lombrágása. Bár a cserebogarak több fafaj esetében is súlyos gondokat okoznak, legnagyobb jelentőségük talán a tölgyerdősítésekben és fiatalosokban van, ezért itt tárgyaljuk őket.

Az 1950-es évek erdővédelmi kutatásainak egyik fontos témája volt a cserebogarak csemetekertekben és fiatalosokban okozott kártétele. Az erdőgazdaságokat sújtó pajorkárok mérséklésére 1951–1956 között kiterjedt vizsgálatokat végzett Apt Ödön (1901–1990). Foglalkozott a cserebogár törzsek elterjedési és rajzásviszonyaival, illetve a pajorok és imágók elleni kémiai védekezés lehetőségeivel is (Apt 1954, 1955, 1956).

Az utóbbi bő fél évszázadban a két legjelentősebb faj (*Melolontha melolontha* és *M. hippocastani*) életmódjának alaposabb megismerésére irányuló kutatásokon (a teljesség igénye nélkül: Homonnay 1969a,b; Homonnay és Homonnayné 1970) túl különböző inszekticidekkel folytak a védekezési kísérletek, illetve a védekezések (a teljesség igénye nélkül: Kolonits 1968b, 1969, 1971; Pagony 1971; Varga és Szidonya 2002). Ezeket Janik et al. (2008), valamint Varga és Molnár (2013) tekintik át.

Az utóbbi néhány évtizedben egyfajta kombinált védekezési technológia terjedt el. Ennek lényege, hogy a rajzó bogarak gyérítésével (inszekticides permetezés a rajzás idején) csökkenthető a talajba kerülő peték mennyisége, ezáltal pedig közvetve a potenciális pajordenzitás is. Közvetlenül, a pajorok ellen pedig talajba juttatott rovarölőszerekkel történik a védekezés. Egy költséges, de hatékony gyakorlati megoldást jelent a csemeték gyökérvonaljának „becsövezése”, amin keresztül egyenesen a gyökérvonalba juttathatók a vegyszerek (Babics és Vízvári 2006). A valóban hatékony (ugyanakkor súlyos mellékhatású) inszekticidek egyre szigorúbb korlátozása miatt a cserebogarak elleni vegyszeres védekezés lehetőségei egyre szűkülnek.

Már a 19. század utolsó évtizedében is szóba került a pajorok elleni biológiai védekezés, az akkor *Botrytis tenella* (mai nevén *Beauveria bassiana*) nevű rovarpatogén gombával



Traktorvontatású permetezőgép kísérleti alkalmazása a rajzó cserebogár imágók elleni védekezésben (Sopronhorpács, 1954). Az Erdészeti Tudományos Intézetben az 1950-es évek közepén Apt Ödön (1901–1990) folytatott ilyen jellegű kísérleteket. Eredményeit több közleményben ismertette. 1956-ben elhagyta Magyarországot, Kanadában telepedett le, az University of British Columbia magyar származású erdőmérnök hallgatóinak ő oktatta az erdővédelemtant (Forrás: SOE ERTI fotóarchívum)

(Anon. 1892b). A kezdeti remények ellenére a módszer nem váltotta be a hozzáfűződő reményeket. Sajnos hasonló a helyzet a későbbi biológiai védekezési kísérletekkel is. A laboratóriumban ígéretesnek mutatkozó, rovarpatogén fonálférgekkel végzett kísérletek (Inántszy és Lakatos 2004) erdei körülmények között már nem hatékonyak. Ennek számos oka lehet, köztük az is, hogy amíg mind a rovarpatogén gombák, mind a fonálférgék a humidabb viszonyokat preferálják, a cserebogár pajorok a könnyen felmelegedő, kevésbé nedves viszonyokat kedvelik.

Összességében elmondható, hogy a cserebogarak által okozott súlyos károk nem utolsó sorban az egyes területeken végrehajtott „vízrendezésekre” és az erdőfelújítási módszerekre – tarvágást követő talajelőkészítés, mesterséges erdősítés, totális gyomirtás stb. – vezethetők vissza. Ezt erősíthetik még a klímaváltozás bizonyos hatásai (enyhe, fagymentes telek, csapadékhiány stb.). Ennek megfelelően az ellenük alkalmazott védekezési technológiák leginkább tüneti kezelésnek tekinthetők. A ténylegesen hatékony, környezeti szempontból tolerálható védekezési módok még váratnak magukra.

A kocsánytalan tölgy „újtípusú” pusztulása

A 20. század utolsó negyedéig a „tölgypusztulás” kifejezés alatt leginkább a síkvidéki kocsányos tölgyesekben bekövetkező fapusztulásokat értették, ahogy azt már korábban említettük. Az ezekben szerepet játszó abiotikus és biotikus tényezőkről Varga (1980) ad áttekintést.

Az 1970-es évek végétől kezdve ehhez képest újszerű, korábban nem ismert, komoly aggodalmat kiváltó problémát jelentett a kocsánytalan tölgy pusztulása. A pusztulás kiváltó okaként az első észlelésektől kiindulóan több, egymásnak ellentmondó hipotézis látott napvilágot. Közülük talán a legismertebbek a Jakucs Pál (1928–2000) által fémjelzett „légszennyezés/savasodó hipotézis” (Jakucs 1987; Jakucs és Babos 1988; Jakucs et al. 1988), illetve az Igmándy Zoltánhoz köthető „járvány hipotézis” (Igmándy 1985, 1987; Igmándy et al. 1985, 1986). A probléma a gyakorló erdőgazdálkodók mellett tudományos körökben is nagy érdeklődést keltett, így számos részletét intenzíven kutatták. Több növénykörtani vonatkozású eredményt közöltek (Vajna 1986, 1987, 1989, 1990; Vajna és Szántó 1990; Bohár 1993). Szontagh (1985, 1986) a fitofág rovarok szerepét vizsgálta, Berki (1991a,b) a tápanyaghiány jelentőségére hívta fel a figyelmet.

Vajna (1992) megállapítja, hogy az abiotikus és biotikus stressz tényezők vizsgálata, az évgyűrélemzések, sem pedig a mikológiai és patológiai vizsgálatok eredményei nem támasztják alá a fertőző betegség okozta járvány, illetve a légszennyezés miatti talajsavasodás hipotéziseket. Ugyancsak ő, több közleményében érvel amellett, hogy a kocsánytalan tölgyesek pusztulása tulajdonképpen egy leromlásos jelenség (decline). Kóroktani szempontból ez egy „multikauzális” folyamat, azaz egy-egy tényezőt kiemelő hipotézisekkel nemigen lehet egyértelműen magyarázni (Vajna 1989, 1991, 1992, 1994a, 1994b).

Az aszályok tölgypusztulásban betöltött szerepére már az 1990-es évek elején rámutatnak (Berki 1992). Később, állandósított monitoring parcellák hosszabb idősorainak elemzése révén az aszályok meghatározó jelentőségét sikerült megerősíteni. Eszerint aszá-

lyos időszakokban, illetve azokat követően növekszik a mortalitás és romlik a kocsánytalan tölgyesek egészségi állapota, csapadékosabb időszakokban pedig csökken a mortalitás és javul az egészségi állapot. Kevésbé aszályos időszakokban szinte kizárólag az alászorult és mellészorult faegyedek pusztulnak (ami részben természetes öngyérülésnek is tekinthető), hosszabb/súlyosabb aszályok idején, illetve azokat követően viszont az uralkodó és kimagasló fák is (Csóka et al. 2007, 2009).

A tölgypusztulás genetikai hátterét, illetve következményeit Borovics és Mátyás (2013), valamint Cseke et al. (2014) vizsgálták.

A tölgyeken előforduló károsítókról és kórokozókról Lakatos és Szabó (2002) jelentetnek meg a gyakorló erdőgazdálkodók által is könnyen használható kismonográfiát. A tölgyek mellett a többi jelentősebb európai fásszárú faj rovarait és kórokozóit is tárgyalja Zúbrik et al (2013) atlasza, amiben több ezer (jelentős részben eredeti) színes felvétel segíti az egyes fajok azonosítását. A könyv angol és francia nyelven is megjelent.



A kocsánytalan tölgy korábban nem tapasztalt jellegű és mértékű pusztulása a 20. század utolsó két évtizedének meghatározó erdővédelmi problémája volt. A jelenség magyarázatára több hipotézis (savas eső, járvány stb.) is napvilágot látott. A képen Igmándy Zoltán egy terepi bemutató során fejteti ki nézeteit (Forrás: SOE EMK fotóarchívum)

A bükk néhány erdővédelmi vonatkozású problémaköre

Az elmúlt évtizedek során számos, bükköseinkben felmerülő erdővédelmi kérdés foglalkoztatta a kutatókat. Tuzson (1931) a Zala megyei bükkösök pusztulásáról írt. Legnagyobb figyelmet a törzsön és ágakon rákos sebeket okozó *Nectria ditissima* gombának szentelte. A probléma megoldásaként a bükk mellőzését, illetve tölgygel, gyertyánnal és erdeifenyővel való elegyítést javasolta.

Igmándy (1964) a bükk taplógombáiról közölt tanulmányt. Megállapította, hogy a taplógombák kivétel nélkül sebszaporítók. Így támadásukhoz tehát az élő törzseken biotikus és abiotikus tényezők által okozott sebzésekre van szükség. Taplógombákkal kapcsolatos kutatásairól később „A magyar erdők taplógombái” címmel monográfiát jelentetett meg (Igmándy 1991).

A bükk levél- és hajtásszáradását okozó gombát (*Apiognomonina errabunda*) és az általa okozott betegséget ismertette Szabó (1991). Szántó (1994) két *Armillaria* faj (*A. mellea* és

A. gallica) 70 hazai izolátumát vizsgálta, amik a tölgyek mellet a bükkön fordultak elő leggyakrabban.

A rovarok okozta károkról Szontagh (1989a) közöl tanulmányt, megemlítve, hogy ezek gyakran a kései fagyokat követően jelentkeznek (Szontagh 1989b). A zöld karcsúdíszbogár (*Agrilus viridis*) korábban nem észlelt mértékű zalai tömegszaporodásáról, illetve a bükkösök pusztulásában betöltött szerepéről Lakatos és Molnár (2009), illetve Molnár et al. (2010) számolnak be.

A gypjaslepke 2003–2006 közötti országos tömegszaporodása vertikálisan is kiterjedt, azaz olyan tengerszint feletti magasságon tenyésző állományokban (pl. bakonyi és bükki bükkösök) is jelentős lombvesztést okozott, ahol korábban nem tapasztalták tömeges fellépését. Csóka et al. (2015) három fafajon (kocsányos tölgy, cser és bükk) a hernyórágást követő három éven keresztül vizsgálták a lombzat regenerálódását. A bükk lombzata még a harmadik évben sem regenerálódott teljes mértékben.

Janik et al. (2015) áttekintették az 1962 és 2011 közötti fél évszázad bükkösökben bekövetkezett kárait. Megállapítják többek között, hogy a „bükkpusztulás” névvel illetett folyamatok egyik leglényegesebb elsődleges kiváltói a több évig tartó súlyos aszályok.

Nem lebecsülve a biotikus káresemények jelentőségét, megjegyzendő, hogy a magyarországi bükkösök legjelentősebb, ismétlődő káreseményei abiotikus okokra vezethetők vissza. Gyakoriak a hó-, jég- és viharkárok (Barton 1997; Aszalós et al. 2004; Kenderes et al. 2007; Csépanyi et al. 2017).

Öshonos fafajaink közül minden bizonnyal a bükköt érinti legnagyobb mértékben a klímaváltozás, illetve az aszályok gyakoriságának és súlyosságának növekedése (Berki et al. 2009; Rasztovits et al. 2014; Csóka et al. 2007, 2009). Berki et al. (2009) szerint ez egyrészt a bükkösök területének csökkenését és minden bizonnyal egészségi állapotuk tartós romlását is jelenti. Mátyás et al. (2010) szerint 3–4 egymást követő aszályos év jelentős leromlást, illetve tömeges fapusztulást okoz, így az alacsonyabb térszinten tenyésző bükkösöket erősen veszélyeztetik a klímaváltozás negatív hatásai. Janik et al. (2020) a forró napok éven belüli számát is jelentős, egészségi állapotot befolyásoló tényezőként említik.

Mátyás et al. (2010) a dél-európai, szárazsági határukon tenyésző bükkösök jövőbeni sorsával kapcsolatos esélyeket mérlegelik. Egyértelmű ugyanis, hogy az ariditás növekedésével fokozódó leromlás és mortalitás jelentkezik bennük. Hosszútávú sorsuk valószínűleg sok esetben csak emberi támogatással, körültekintő „gondoskodással” lesz biztosítható.

A klímaváltozás néhány erdővédelmi vonatkozása

Korunk egyik kiemelkedő jelentőségű (ha nem „a” legjelentősebb) környezeti kihívása a klímaváltozás, ami a Föld, Európa, így Magyarország erdeire is erőteljesen hat. A klímaváltozás ténye aligha vitatható, ugyanakkor sokan vitatják, hogy a klímaváltozás emberi tevékenység következménye lenne. Ez a vita az erdők egészsége szempontjából tulajdonképpen irreleváns, mivel a klímaváltozás megnyilvánulási formái

mindenképpen jelentős mértékben hatnak az erdőkre, függetlenül attól, hogy a változás egy embertől független természetes ciklus része-e vagy pedig antropogén eredetű. A klímaváltozás néhány, az erdőegészség szempontjából jelentős megnyilvánulása (a teljesség igénye nélkül): gyakoribb, súlyosabb és hosszabb aszályos időszakok, a csapadék éven belüli eloszlásának megváltozása, hó nélküli, enyhe telek, gyakori hóhullámok, forró napok számának növekedése, egyéb időjárási extremitások (viharok, ónos esők, kései fagyok stb.) gyakoriságának növekedése. Ezen tényezők – ha más-más módon is – az egyes fafajok és állományaik ellenállóképességét jelentős mértékben tudják csökkenteni és ezzel párhuzamosan elősegíthetik különböző károsítók és kórokozók tömeges fellépését is. Több fafajnál, illetve kárformánál kitértünk már az időjárás, illetve a klíma bizonyos hatásaira. Itt néhány további szempontot, illetve összefüggést említünk.

Számos rovar, illetve kórokozó esetében az aszályosság kimutathatóan pozitív hatással van a kárterületek növekedésére, mint ahogyan ez már a múlt évezred legvégétől kezdve nyilvánvaló (Csóka 1996, 1997; Klapwijk et al. 2013; Csóka et al. 2018a,b).

A világszerte jelentős kártevőnek tartott, melegigényes, trópusi/mediterrán vándorlepke faj, a gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera*) 1986 előtt Magyarországon kifejezetten ritkának számított. Az Erdészeti Fényncsapda Hálózat csapdái működésük első negyedszázadában mindösszesen hat példányt fogtak. Ezt követően azonban egyre gyakrabban került a fényncsapdába, az utóbbi három évtizedben a csapdák növekvő számban fogják, néhány csapda egyes években több ezres egyedszámban (Csóka et al. 2018b). Az egyre gyakrabban jelentkező aszályok általában segítik tömegszaporodásait (Szabóky és Szentkirályi 1995). Több, egymást átfedő nemzedéke lehet. Rendkívül polifág. A népességnövekedés mellett figyelemre méltóak a rajzásfenológiában bekövetkező változások is. Az első példányokat egyre korábban fogják az Erdészeti Fényncsapda Hálózat csapdái, így a fogási súlynap szintén egyre korábbra tevődik. Ez a meghosszabbodott tenyészidőszak magában hordozza több nemzedék kifejlődésének lehetőségét, ezáltal pedig a kárpotenciál növekedését is (Csóka et al. 2018b).

A kocsánytalan tölgyesek (Csóka et al. 2009; Berki et al. 2014, 2018), illetve bükkösök egészségi állapotában közvetve az időjárási viszonyoknak meghatározó szerepe van (Lakatos és Molnár 2009; Janik et al. 2018, 2020). A lombos fafajok mellett a feketefenyő esetében is tetten érhető az extrém időjárási viszonyok leromlási folyamatokban betöltött szerepe, az ország több régiójában is (Koltay 1995, 2002; Koltay et al. 2012, 2013; Móricz et al. 2018).

Az 1962–2011 közötti fél évszázad második felében a bejelentett erdei aszálykárok több mint kétszeresre növekedtek az időszak első 25 évéhez képest (Hirka et al. 2018). Amíg az aszálykárok az időszak első felében leginkább a síkvidéki fiatalosokban voltak jellemzőek (Führer 1995), a második 25 évben már a hegy- és dombvidéki idősebb állományokban is gyakorivá váltak. Az elmúlt 60 év során az egyéb időjárási szélsőségekből (vihar, ónos eső, kései fagy) adódó erdőkárok is gyakrabban és nagyobb területen jelentkeztek. Nem meglepő, hogy a gyakoribb és súlyosabb aszályok gyakoribb és nagyobb kiterjedésű erdőtüzeket váltanak ki (Hirka és Csóka 2010a).

Az utóbbi néhány évtizedben bekövetkezett, a klímaváltozásra visszavezethető események is jelentősen felerősítették a lucosokban mutatkozó negatív trendeket is. Az egyre gyakoribb és nagyobb területet érintő abiotikus kalamitások (viharkárok, hótörés stb.) és súlyos aszályok egyaránt elősegítették a szűk tömeges fellépését, ezzel pedig a lucosok általános egészségi állapotának jelentős romlását. Ezt a folyamatot példázza, hogy a Soproni-hegyvidék lucfenyveseinek területe az 1990-es évek elején még 1000 ha volt, ami mára a negyedére (250 ha) csökkent (Csóka et al. 2018b). Jelentősen átalakult az állományok fafajösszetétele és szerkezete (a lombos fafajok javára) és ezzel együtt a gazdálkodás is. A bekövetkezett változások egy klímaváltozás hatására induló, és különböző károsítók (főként szüzbogarak) által befejezett pusztulási folyamat tipikus példája.

Az aszályosságot, a súlyos vízhiányt a közép-európai erdők egyik alapvető veszélyeztető tényezőjének tartják, ami egyes fafajok esetében a fenntarthatóságot is megkérdőjelezheti (Mátyás és Sun 2014; Hlásny et al. 2014; Mátyás et al. 2018).

Számos hazai közlemény foglalkozik az állományszerkezet hó, jég, ónos eső és viharok okozta törés- és dőléskárok mértékére gyakorolt hatásával (Aszalós et al. 2004; Kenderes et al. 2007; Csépanyi et al. 2017; Standovár 2015). Az erdőgazdálkodási gyakorlat számára is felettből fontos megállapításai jelentős mértékben átfednek. Eszerint a homogén állományszerkezet növeli, a diverzebb állományszerkezet pedig csökkenti az ilyen jellegű kalamitások kockázatát.

Idegenhonos, inváziós kórokozók és rovarok a magyar erdőkben

Megjegyzendő, hogy az idegenhonos, inváziós lágylő- és fásszárú növények is jelentős problémákat okoznak az erdőgazdálkodásban. Ezekre azonban ebben a tanulmányban nem térünk ki.

Kórokozók

A tölgylisztharmat által okozott problémák a 20. század első évtizedétől kezdve folyamatosan jelen vannak a magyarországi tölgyesekben is. Az utóbbi fél évszázadban főként a csemetekertekben, illetve fiatalosokban alkalmazható vegyszeres védekezési technológiákra irányult a figyelem (Igmándy 1972; Kiss 1975, 1978; Gergác 1983; Gergác és Kiss 1985). A fungicid kezelések mindegyike eredményesnek bizonyult, a kezelt csemeték növekedése minden esetben meghaladta a fertőzöttét. Ez egyben azt is jelenti, hogy vegyszeres beavatkozás nélkül minőségi kocsányos tölgy csemetét nemigen lehet előállítani, illetve mind a természetes, mind a mesterséges felújítás nehézkes, sok esetben pedig lehetetlen (Vidóczy 2021; Domokos 2021; Demeter 2021a,b), mivel a kocsányos tölgy csemeték esetében gyakorlatilag nem található rezisztens egyedeket (Kiss 1975). A tölgylisztharmat meggyőző, figyelmeztető példát szolgáltat arra, hogy egy-egy behurcolt, majd invázióssá váló faj hosszú távon milyen nemkívánatos kényszerpályákat jelöl ki az erdőgazdálkodás számára.

A szilfavésznek nevezett, tracheomikózist okozó ázsiai eredetű kórokozó (*Ophiostoma ulmi*) Európában 1918-ban, Franciaországban jelent meg, majd rohamosan elterjedt az egész kontinensen (Szabó 2003). Magyarországon először Bokor (1927) tesz említést róla, a Hollandiában észlelt tömeges pusztulásra hivatkozva, jelezve, hogy néhány éven belül magyarországi megjelenése is várható. Kórokozóként ekkor még egy *Micrococcus ulmi* nevű baktériumot neveznek meg. Fertőzési kapuként a gyökereket, illetve a törzsön lévő nyílt sebeket említik. Roth (1933) beszámol első hazai előfordulásáról (Csáford), és a kórokozót, valamint a vektoraként szereplő szil-szíjácsszúkat is már helyesen említi. Érdekes, hogy Kelle (1935) a kórokozót másodlagosnak tartja, elsődleges kiváltó okként a szárazságot jelöli meg. Szerinte a probléma még csak nem is újkeletű, merthogy a szilek pusztulását már 30–35 évvel korábban is észlelték. A tömeges fapusztulásokat okozó, némileg lecsengő járványhullámot követően az 1960-as években újabb, mai napig tartó hullám söpört végig Európán. Ezt a kórokozó új patogén változata, a később új fajként, *Ophiostoma novo-ulmi* néven leírt gomba okozta/okozza (Brasier 1991). Valamennyi szil fajon előfordul, de a mezei szilek a legfogékonyabbak. A védekezési lehetőségek korlátozottak, a rezisztens vagy kevésbé fogékony egyedek szelekciója vagy a rovarvektor népességének csökkentése (csapdázás) jelenthet megoldást (Green és Guries 1985; Brasier 2000). Másik lehetőség a kórokozó fertőzésével szemben rezisztens ázsiai eredetű szil fajok, mint például a turkesztáni szil alkalmazása lehet (Santamour 1973).

A szelídgesztenye kéregrákot okozó ázsiai eredetű mikroszkopikus gombafaj (*Cryphonectria parasitica*) 1938-ban jelent meg Európában, majd rohamosan elterjedt az egész kontinensen (Szabó 2003). Magyarországon először 1969-ben azonosították (Körtvély 1970), ami aztán néhány éven belül az ország összes jelentős termőterületén súlyos szelídgesztenye-pusztulást okozott, az ültetvényekben és az erdőterületeken egyaránt. A betegség tünetei jellegzetesek: a kéreg elhalását követően a nedvkeringés leáll, ami az ág, majd néhány éven belül az egész fa pusztulását okozza. A gomba kéregrepedéseket, sebzéseket használ behatolási helyként. A megtámadott részen a vékony kéreg besüpped, vöröses színű lesz, a vastagabb kéreg felrepedezik, és megjelennek az apró, narancsszínű, ivartalan termőtestek, a piknídiumok. Az elszáradt ágrészen a levelek, termések a fán maradnak (Vidóczy et al. 2005).

A betegség ellen egyetlen hatékony, biológiai módszerrel lehet védekezni, amely a kórokozó csökkent virulenciájú (hipovirulens) típusának elterjesztésén alapul. A siker feltétele a gomba vegetatív kompatibilitási típusainak előzetes, laboratóriumban végzett meghatározása, és adekvát hipovirulens törzsek kijuttatása a területre. A módszer alkalmazását nehezíti a kompatibilitási típusok számának növekedése. Ez a biológiai módszer alkalmas egyedi fák gyógyítására is (Vidóczy et al. 2007).

A kórokozó a szelídgesztenyén kívül megjelent különböző tölgy fajokon, de leginkább a fiatal kocsánytalan tölgyesekre nézve jelent veszélyt (Szabó 2003; Tarcali és Radócz 2003). A kocsánytalan tölgyön a mortalitás kisebb, általában csak a faanyag károsításával jár a betegség, bár időnként a fák pusztulását is okozhatja. A kocsánytalan tölgyesekben az egyedi védelem megoldhatatlan, eleve nagy területet kellene érintenie a védekezési programnak, emiatt a járvány megfékezésének egyetlen kivitelezhető módja a megfele-

lő hipovirulens *C. parasitica* törzsek elterjesztése az adott területen (Szabó et al. 2009). Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a hazai erdőkben jelenleg csak elvétve észlelhetők a tünetek, tehát úgy tűnik, a fertőzések szélesebb körű elterjedése egyelőre nem veszélyezteti tölgyeseinket.

A *Phytophthora* fajok az egész világon és hazánkban is széles körben elterjedtek nemcsak a mezőgazdaságban, hanem az erdészeti kultúrákban és a dísznövény kertekben egyaránt. Változékony, esetenként jelentős károkat okozó fajokról van szó, amelyeknek szerepe sok esetben tisztázatlan, főleg az erdészeti vonatkozásokat tekintve. Erwin és Ribeiro (1996) monográfiájában még mindössze 58 *Phytophthora* faj szerepel, de az azonosítási módszerek fejlődésével (a molekuláris genetikai azonosítás elterjedésével) az ismert fajok listája 82-vel bővült, vagyis ma 140 *Phytophthora* fajról van tudomásunk (Érsek et al. 2006; Érsek 2009). Az erdei fafajokon is számos *Phytophthora* faj előfordul, melyek közül néhány kifejezetten patogén lehet. Bakonyi et al. (2007), Szabó és Lakatos (2008), Sárándi-Kovács (2015), valamint Sárándi-Kovács et al. (2016) hazai vizsgálatai szerint a *Phytophthora*-k előfordulnak szelídgesztenyén, égeren, tölgyeken, bükkön, diókon, különféle csonthéjasokon egyaránt.

Az 1990-es években jelent meg Európában az éger fitoftóra fajhibrid (*Phytophthoraalni*), ami komoly aggodalmat okozott szakmai berkekben, mivel agresszíven támadja az égereket (Érsek és Nagy 2008). 1999-es, hazai első előfordulásáról Szabó et al. (2000), valamint Nagy et al. (2000) számoltak be. Koltay (2005) vizsgálatai szerint a lápi égeresek 83%-a, míg a patakmenti égeresek 78%-a volt fertőzött a kórokozóval. Az állományok átlagos fertőzöttsége 1–5%, de egyes esetekben elérte a 30–60%-os értéket is. A patakmenti égeresek esetében a fertőzött egyedek száma szignifikánsan csökkent a medertől távolodva, ugyanakkor a gombafertőzés a fák szociális helyzetével nem volt összefüggésben. Ezzel szemben a síkvidéki állományokban az alászorult egyedeken nagyobb számban fordult elő a kórokozó. A fitoftórával fertőzött egyedeken többnyire nem találtak kéregsérüléseket, ami arra utal, hogy nem feltétlenül szükséges mechanikai sebzés a fertőzések bekövetkezéséhez. A fertőzött fák aránya, a betegség intenzitása és terjedése, valamint a mortalitási mértékek alapján úgy tűnik, hogy az első nagyobb fertőzési hullámot követően a hazai éger állományokban nem okoz jelentős pusztulást a kórokozó (Koltay et al. 2007).

A fekete dión jelentkező fitoftórás elhalásokkal Szabó és Lakatos (2008), valamint Kovács et al. (2014) foglalkozott tüzetesebben. A gemenci fekete dió állományok pusztulását vizsgálva több fitoftóra fajt is azonosítottak (*P. cactorum*, *P. plurivora*), amelyek patogenitását csemetéken végzett mesterséges fertőzésekkel is igazolták.

Sárándi-Kovács et al. (2018) vízzel terjedő *Phytophthora* fajokat monitorozott Sopron környékén, a Rák-patakban, illetve vizsgálták a fajok fertőzőképességét. Vizsgálataik során négy fajt azonosítottak. Közülük három (*P. gonapodyides*, *P. lacustris* és *P. plurivora*) patogénnek bizonyult a kocsánytalan tölgy csemetékre nézve, mind a törzsön, mind a talajon keresztül.

A tölgyeken és a bükkön is számos fitoftóra fajt azonosítottak, de hazánkban részletes vizsgálatok ebben a vonatkozásban viszonylag hiányosak.

A magas kőris (*Fraxinus excelsior*) hajtáspusztulását okozó, ázsiai eredetű új kórokozóját 2006-ban írták le lengyel kutatók *Chalara fraxinea* néven (Kovalski 2006). A későbbi kutatások eredményeként a *Hymenoscyphus fraxineus* néven vonult be a tudományos életbe. A kórokozót hazánkban először 2008-ban azonosították Nyugat-Magyarországon (Szabó 2008), de ugyanekkor a Hajdúságban is megtalálták. A beazonosított kórképek alapján a kórokozó feltehetően már évekkel korábban megjelent a kőris állományokban. A felmérések szerint a gomba az egész ország területén elterjedt, elsősorban fiatal állományokban, de idősebb fákon is előfordul. Ültetett és természetes állományokban egyaránt jelen van, de a mortalitás szignifikánsan nagyobb a fiatal fák esetében. Az eddigi vizsgálatok és tapasztalatok alapján úgy tűnik, hogy Magyarországon a magas kőris (*F. excelsior*) és a keskenylevelű kőris (*F. angustifolia*) állományokat, ezen belül is a fiatal erdőket jelentősen veszélyezteti (Koltay et al. 2012). Gyakran együtt lép fel más kórokozó fajokkal (Tuba et al. 2021), amikor is egymás hatásait erősítve betegítik a kőriseket. A *Hymenoscyphus* életmódjára vonatkozó kiterjedt kutatások eddigi eredményei azt mutatják, hogy fertőzésével szemben jelenleg védtelenek vagyunk, hatékony beavatkozásra vagy a fertőzések arányának csökkentésére nincs lehetőségünk. A jövőben várhatóan egy természetes szelekciós folyamat fog lezajlani az állományokban, amelynek az erdőgazdálkodásra nézve súlyos következményei lesznek a kőrisek tömeges elhalása miatt. Ugyanakkor a tudományos kutatások elsődleges célja a természetes szelekciós folyamatok elősegítése és az ellenállóbb vagy rezisztens egyedek kiválogatása, tömegszaporítása és művelésbe vonása kell, hogy legyen.

Rovarok

A globális tendenciákhoz hasonlóan Magyarországon is gyorsuló ütemben jelennek meg idegenhonos rovarfajok (Tóth 1997; Szeőke és Csóka 2012; Csóka et al. 2012, 2017; Tuba et al. 2012). Az utóbbi három évtizedben több, fásszárúakon élő, tehát potenciális erdészeti kártevő jelent meg hazánkban, mint az azt megelőző 110 évben. Természetesen nem minden idegenhonos faj válik invázióssá, néhányuk azonban igen. Ezek jelentőségüktől függően nyilvánvalóan kutatói érdeklődést és aktivitást is generáltak. A következőkben – hangsúlyozottan a teljesség igénye nélkül – néhány példát ismertetünk.

Az amerikai fehér medvelepkét (*Hyphantria cunea*) Európában először 1940-ben, a csepeli szabadkikötőben észlelték (Surányi 1946; Győrfi 1954). Sugárirányban terjeszkedve, alig tíz év alatt az egész országban elterjedtté vált, illetve a határokat átlépve a szomszédos országokba is behatolt. A magyarországi terjeszkedés kezdeti szakaszát Nagy et al. (1953) részletesen dokumentálták. Védekezésésként jellemzően inszekticidus permetezést javasoltak, annál is inkább, mert a faj karantén státusza kifejezetten drasztikus beavatkozást követelt (Dankó 1952; Papp 1970). Ugyanakkor jelentős figyelem irányult a faj elleni biológiai védekezés lehetőségeire is, így természetes ellenségeire (Nagy 1953; Győrfi 1954e; Szelényi 1957) és mikrosporidia kórokozóira (Machay 1954). Nagy (1953) például a parazitamentés elvi és gyakorlati vonatkozásait taglalta. Ez az úgynevezett „szalmaöves bábmentés”. Lényege, hogy a fatörzsekre szalmából készült öveket erő-

sítenek fel, amiket a hernyók előszeretettel használnak a bábozódás helyéül. A szalmaöveket később a bábokkal együtt hordókba gyűjtik, amiket olyan lyukméretű hálóval kell lefedni, amin keresztül a kikelő lepkék nem, de a kisebb termetű parazitoid rovarok képesek kijutni. Egy-egy szalmaövben akár ezer lepkebáb is lehet, így a javasolt módszer övenként – az átlagos parazitáltsági értékekkel számolva – több száz, esetleg ezres nagyságrendű hasznos parazitoid rovar megkímélését eredményezheti. Ezzel együtt is, még több évtizeddel később is a vegyszeres technológiák domináltak/dominálnak a faj elleni védekezésben.

Bár van platán főfajú erdőrészlet hazánkban, ez a faj, illetve változatai elsősorban városi környezetben, parkokban, fasorokban található meg. Eredeti elterjedési területe a Mediterráneum, de széles tűrőképessége és esztétikus megjelenése miatt széles körben ültetik már évszázadok óta. A rajta előforduló károsítók és kórokozók közül a platánlevél sátorosmoly (*Phyllonorycter platani*) és a platán csipkésposloska (*Corythucha ciliata*) genetikai vizsgálatával foglalkozott Tóth Viktória a Soproni Egyetem Erdőmérnöki Karán. Az előbbi faj Európán belül tekinthető inváziósnak, hiszen a gazdanövény őshonos elterjedési területén természetesen is előfordul. Európai terjedése jól dokumentált, több évtizedig tartott és jelentősen megkésve követte gazdanövényét. A genetikai vizsgálatok bizonyították a faj európai eredetét, és feltárták genetikai mintázatát (Tóth és Lakatos 2018). A platán csipkésposloska viszont Észak-Amerikából származik. Észak-Olaszországba hurcolták be 1964-ben, és onnan indult ki gyors terjeszkedése. A genetikai vizsgálatok itt is bizonyították a faj eredetét (Észak-Amerika keleti partvidéke), a lehetséges behurcolásokat, illetve terjedési útvonalakat (Tóth et al. 2020; Lakatos et al. 2022).

Szintén nem tipikusan erdei faj, bár a hazai erdőkben – különösen vadaskertekben, vadászházak környékén – nem ritka a vadgesztenye vagy bokrétafa. A levelein aknázó, korai elszíneződést és lombhullást okozó vadgesztenyelevel aknázómoly (*Cameraria ohridella*) esete érdekes és különleges (Tuba et al. 2012). Leírása csupán a múlt század végén történt meg (1986), és a megtalálása helyéről, az Ohridi-tóról kapta tudományos nevét. Mivel nemzetségének (*Cameraria*) egyetlen Európában megtalált faja, először más kontinenseken keresték az őshazáját, és feltételezték behurcolt voltát. Megjelenése után többen vizsgálták a faj hazai terjedését és kártételét (Ábrahám et al. 1988; Kovács és Lakatos 1999), de a legérdekesebb eredményeket végül a genetikai vizsgálatok adták. Kiderült ugyanis, hogy a faj a Balkán-félsziget hegyvidéki területeiről származik, ahol a gazdanövény vadgesztenye is honos (Kovács et al. 2000; Kovács és Lakatos 2001; Valade et al. 2009). Ezek a helyeken sokáig rejtve maradt, majd miután innen kikerült, nagyon gyorsan – részben emberi közreműködéssel – meghódította Európa jelentős részét.

Az inváziós rovarfajok egy kiemelt csoportját alkotják a fa csomagolóanyaghoz köthető xilofág és szaproxilofág rovarok. Ide tartozik a cincérek, a díszbogarak, az ormányosbogarak és a szűbogarak jelentős része. Rejtett életmódjuk és hosszabb életciklusuk miatt emberi közvetítéssel nagyobb távolságokra is eljuthatnak (Sauvard et al. 2010). Hazánk őshonos szúfaunája is több mint száz fajt számlál, de az utóbbi évtizedben több, részben Európa távolabbi területeiről, részben más kontinensről származó szúfaj is problémákat okoz. Az egyik első ilyen megfigyelés a magyar és a tudományos nevével ellentétben

Ázsiából származó német szúhoz (*Xylosandrus germanus*) kötődik (Lakatos és Kajimura 2007). Ez a bogár a fatestben fejlődő szúbogarak csoportjához tartozik, és mint ilyen, a magával hurcolt, majd az általa készített menetek falán tenyésztett gombák micéliumával táplálkozik (Fiala et al. 2020). Sok esetben éppen ez a gomba a problémák forrása, hiszen ezek az ún. „ambrosia gombák” több esetben erősen patogének a gazdanövényre nézve. A honos és behurcolt fatestben fejlődő szúfajokról nemrégiben részletesebb ismertető is megjelent (Lakatos 2019). A szúbogarak kártételéről, illetve a velük folytatott kutatásokról részletesebb leírás található az erdeifenyő, illetve lucfenyő erdővédelmi vonatkozásait részletező fejezetekben.

Az eredetileg Japánban leírt kanyargós szillevéldarázs (*Aproceros leucopoda*) első európai előfordulási adatai közel egy időben (2003. június) Lengyelországban, illetve Magyarországon (a Nógrád megyei Dejtár térségéből) váltak ismertté. Közel 7 év kellett a faj azonosításához, illetve ahhoz a felismeréshez, hogy egy ázsiai eredetű, idegenhonos levéldarázsról van szó (Blank et al. 2010; Vétek et al. 2010). A behurcolás körülményei nem ismertek, de valószínű, hogy élő növényi anyag importjával került be Európába. Az első észlelés óta eltelt közel két évtizedben Európa jelentős részén elterjedt. Életmódját részletesen vizsgálta a tragikusan fiatalon elhunyt kiváló agrozoológus, Vétek Gábor (1980–2020) és csoportja. Preferált tápnövénye a turkesztáni szil (*Ulmus pumila*), de őshonos szileinken, illetve más idegenhonos *Ulmus* fajokon is kifejlődik (Vétek et al. 2017). Évente akár négy nemzedéke is lehet (Papp et al. 2018), a nálunk jellemző téli hidegek nem jelentenek számára számottevő mortalitási faktort (Vétek et al. 2020). Az egyedsűrűség becslését, illetve a faj monitoringját sárgacsapdákkal is lehet végezni, amik tömegesen vonzzák a nőstényeket (Vétek et al. 2016).

A szelídgesztenye Európa számos országában fontos állományalkotó fafaj. Habár nálunk területfoglalása nem túl nagy, ökológiai és ökonómiai szempontból is értéket képvisel. Így a fafaj világszerte legjelentősebbnek tartott kártevő rovára, az ázsiai szelídgesztenye gubacsdarázs (*Dryocosmus kuriphilus*) európai megjelenése komoly aggodalmat keltett (Melika et al. 2003; Csóka et al. 2009, 2017). Számos kevésbé sikeres technológiai és kémiai védekezési próbálkozást követően klasszikus biológiai védekezési program kezdődött, aminek keretében Kínából a faj specialista természetes ellenségét, a *Torymus sinensis* nevű fémfürkészt betelepítették Olaszországba, majd több más országba, így Magyarországra is (Kriston et al. 2015; Matošević et al. 2017; Avtzis et al. 2019). A program sikeresnek mondható, a parazitoid nagymértékben csökkent a gubacsdarázs népességét, illetve lassítja terjedését. A hazánkban egyébként nem kiemelkedő jelentőségű fafaj éppen a hozzá kötődő sikeres biológiai védekezés okán érdemel említést.

Az idegenhonos erdei rovarok közül minden bizonnyal legjelentősebb az Európában először 2000-ben (Olaszország), Magyarországon pedig 2013-ban előkerült észak-amerikai tölgy-csipkéspoloska (*Corythucha arcuata*). Az első hazai észlelést (Csóka et al. 2013b) követően gyorsan terjeszkedett, ma már minden megyénkben megtalálható (Paulin et al. 2020a). Minden honos tölgyfajunkon megél. Magyarországon mintegy 600 ezer ha, Európában pedig több mint 30 millió ha tölgyes kínál számára megfelelő tápnövényt (Csóka et al. 2019). Hosszú távú hatásait még csak hiányosan ismerjük, de az eddigi ismer-

reték arra utalnak, hogy a tölgyek növekedésére, egészségi állapotára, makktermésére és a tölgyekhez kötődő kiemelkedően fajgazdag életközösségekre is negatív hatást fog gyakorolni (Paulin et al. 2020b). Európában eddig nem ismert olyan természetes ellensége vagy rovarpatogén kórokozója, amittől a faj népességének szabályozása várható lenne (Paulin et al. 2020b). Európai sikerének egyik fő oka nagy eséllyel éppen ez lehet. Valószínű, hogy csak egy sikeres klasszikus biológiai védekezési program jelenthet megoldást a faj ellen. A SOE ERTI Erdővédelmi Osztálya 2019-ben és 2020-ban már megtette az első szükséges lépéseket ebben az irányban, de sajnos a vírusjárvány ezt a projektet is jelentősen lefékezte.

Erdővédelmi monitoring

Országos Erdőkár Nyilvántartási Rendszer (OENyR)

A 2012-től „OENyR” néven működő rendszer elődjének tekinthető „Erdővédelmi Figyelő- Jelzőszolgálati Rendszer” 1961 óta folyamatosan működött az ERTI Erdővédelmi Osztályának gondozásában. Hosszú évekig a 400 ha-nál, később minden 100 ha-nál nagyobb erdőterülettel rendelkező erdőgazdálkodó köteles volt évente 4 alkalommal adatokat szolgáltatni az erdőkárokról, ezen belül a biotikus (rovarok, gombák stb.) és abiotikus károkról. Törvényi előírás szerint 2006-tól kezdődően már csak a 200 ha-nál nagyobb erdőterülettel rendelkező erdőgazdálkodók kötelesek adatot szolgáltatni. A jelzőlapon a gazdálkodó megnevezte a károsítót (kórokozót), az érintett területet, a károsítás mértékét (gyenge/közepes/erős), valamint adatot szolgáltatott az esetleges védekezés területéről és módjáról. Az erdőkár adatbázis 1989-től kezdődően tartalmazza az adatokat, mivel a korábbi, papír alapú adatok egy része már nem pótolható. Ebből a régebbi időszakból csak összesített adatok állnak rendelkezésre az ún. erdővédelmi prognózisokban.

2012-től kezdődően, jelentős átalakítás után, a rendszer már új néven (OENyR) működik, melyet a Nemzeti Földügyi Központ Erdészeti Főosztálya (korábban NÉBIH EI) és a SOE ERTI közösen működtet. Az erdővédelmi kárbejelentő lapok az NFK EFO-ra érkeznek, ahol az adatrögzítés is történik. Ez az új rendszer szakmailag alapvetően a régi rendszerre épül, de annál jóval részletesebb adatszolgáltatást kér. Többek között az ország teljes erdőterületéről várja az adatokat, helyszínhez kötötten (erdőrészlet szinten), a korábbiaknál jóval többféle kártípusról. Az új adatbázis az ESZIR (Erdészeti Szakigazgatási Információs Rendszer) része. Az adatok részletes feldolgozása, ill. az évenkénti összegző és kár-előrejelző kiadvány szerkesztése továbbra is a SOE ERTI Erdővédelmi Osztályának a feladata.

A több évtized alatt felhalmozódott óriási adattömeg kiválóan alkalmas tudományos elemzések elvégzéséhez. Az erre az adatbázisra alapozott kutatások, illetve ezek eredményei jelen tanulmányban számos helyen említést nyertek. Ugyanakkor meg kell említeni azt a tényt is, hogy a kárjelentések megváltozó szabályai miatt a 2012-vel kezdődő időszak adatai nem minden esetben vethetők össze a korábbi adatsorokkal.

A kárjelentésre kötelezett erdőgazdálkodók jelentési hajlandóságának növelésére, illetve a jelentések szakmai tartalmának/megbízhatóságának javítására több, kifejezetten

erre a célra készített kiadvány született (Pagony 1995; Hirka és Csóka 2006; Csóka et al. 2013), illetve több olyan képes terepi segédkönyv is megjelent, ami a károk, illetve károkozók azonosítását segíti (Csóka 1995, 1997b, 2003; Csóka és Kovács 1999; Lakatos és Szabó 2001, 2002, 2005; Szabóky és Csóka 2010).

Az Erdészeti Fénycsapda Hálózat

A máig is működő, világszerte pártját ritkító Erdészeti Fénycsapda Hálózat (EFH) hazai előzménye volt Jermy Tibor javaslatára és irányításával, az 1950-es évek elejétől kezdődően, a Mezőgazdasági Növényvédelmi Fénycsapda Hálózat kiépítése. Az itt szerzett tapasztalatokat közel egy évtizeddel később nagyban hasznosították az EFH létrehozása során. Létrehozásának ötletét nagyban támogatta, hogy Szontagh Pál a mezőgazdasági fénycsapdák fogási adatai alapján részletesen feldolgozta a síkvidéki kocsányos tölgyesekben jelentős lombvesztést okozó gyűrűslepke (*Malacosoma neustria*) 1955–56. évi tömegszaporodását, illetve vizsgálta a faj elleni védekezés lehetőségeit (Szontagh 1961b, 1962a,b, 1963a,b). Ezzel mintegy bizonyította, hogy a fénycsapdákra nagy szerep várhat az erdővédelmi kutatásokban és a prognosztikában is. Az első fénycsapdák felállítása egyébként egyidőben zajlott a téliaraszólók országos kiterjedésű rendkívül erős tömegszaporodásával. Ez a tény ismételtén megerősítette a hálózat kiépítésének szükségességét, illetve jelentőségét.

Az EFH tudományos vezetője kezdetben Tallós Pál (1931–1968) volt. Sajnálatosan rövid tudományos pályafutása során többek között a fénycsapdák erdővédelmi prognosztikában betöltött szerepével foglalkozott (Tallós 1966a,b, 1968). Kandidátusi értekezését is ebben a témakörben írta meg, de tragikus korai halála miatt már nem tudta megvédeni azt. 1961-től haláláig ő írta, illetve szerkesztette az éves erdőkárokat összegző és előrejelzéseket adó ún. „prognózis füzeteket”. Rendkívül elhivatott, széleskörű tudással bíró kutató volt, halála óriási veszteség az erdővédelem, de a tágabban értelmezett erdőszettudomány számára is. Sokoldalúságát bizonyítja az is, hogy a botanikusok és az entomológusok egyaránt tisztelettel emlékeznek rá, egy orchidea és egy



Jermi-típusú fénycsapda a SOE ERTI Püspökladányi Kísérleti Állomásának területén. A hat évtizede létrehozott, világszerte is pártját ritkító Erdészeti Fénycsapda Hálózat eredeti küldetésén (erdővédelmi prognosztika) túl további sokrétű rovarantani, ökológiai, természetvédelmi kutatásokhoz szolgált értékes adathátteret. A kezdetektől napjainkig már meghaladja a 300-at az erre épülő szakmai/tudományos publikációk száma (Forrás: Csóka György)

bagolylepke faj is őrzi nevét (Hirka és Csóka 2021).

1968-tól nyugdíjazásáig Szontagh Pál koordinálta az EFH-t, őt követően Leskó Katalin szintén nyugdíjazásáig vezette, tőle pedig 2004-ben Hirka Anikó vette át a feladatot. Napjainkban is 20-nál több csapda márciustól decemberig folyamatosan működik, napi üritéssel és a fogott nagylepke anyag napi bontásban történő határozásával. Az EFH-t eredetileg az erdővédelmi prognosztika támogatására hozták létre, de napjainkra már nyilvánvaló, hogy a csapdák által szolgáltatott adatok felhasználásának számtalan további lehetősége van. A teljesség igénye nélkül néhány példa.

Ilyen például a fénycsapdával gyűjthető lepkefauna diverzitási trendjeinek hosszútávú elemzése (Valtonen et al. 2017).

A hosszú fogási adatsorok egy-egy faj esetében kiválóan összevethetők egyes időjárási változókkal. Ennek révén pedig előrejelzéseket is lehet tenni arra vonatkozóan, hogy az adott faj népesség-dinamikáját hogyan fogja érinteni, ha pl. a klímaváltozással kapcsolatos előrejelzések beigazolódnak (Csóka et al. 2018a, b).

A nyugat-dunántúli fénycsapdák tölgy búcsújáró lepke (*Thaumetopoea processionea*) fogási eredményeit aszályossági mutatókkal egybevetve egyértelmű, hogy a faj népessége (ezáltal várható kártétele) számottevően növekedni fog, ha a klímaváltozási előrejelzéseknek megfelelően az aszályok gyakorisága és súlyossága növekszik (Csóka et al. 2018). Ez már csak azért is érdekes és fontos, mivel ennek a fajnak erdővédelmi jelentősége mellett számottevő humán-egészségügyi vonatkozásai is vannak, hernyóinak szőre ugyanis súlyos bőrirritációt, gyulladásokat okozhat.

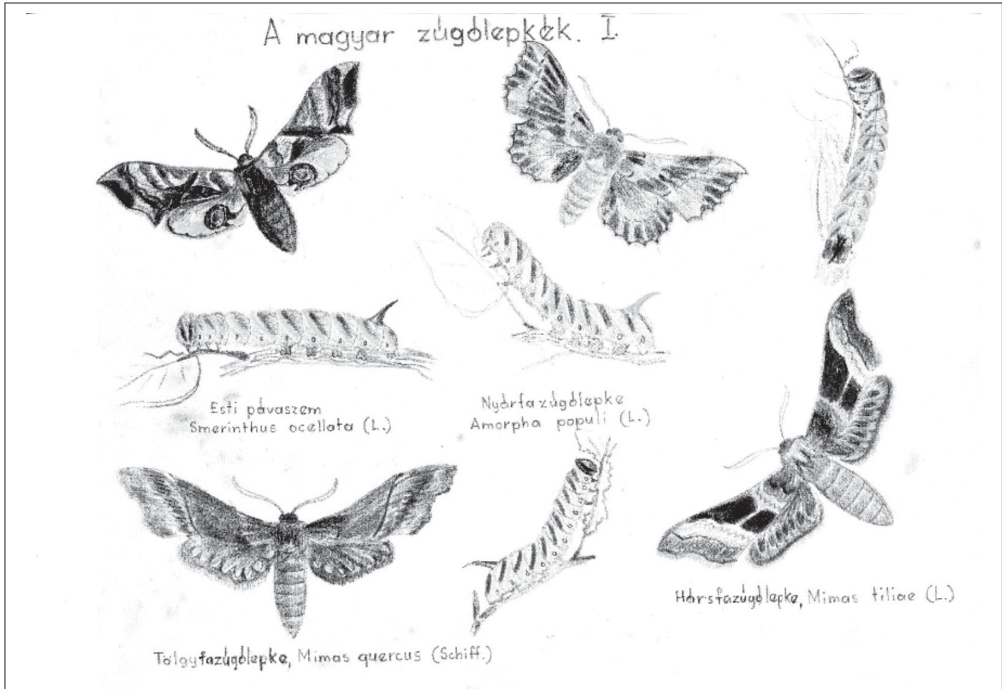
A fénycsapda fogási adatok elemzésével sikerült kimutatni, hogy hosszú távon nincs csökkenő trend az erdei rovarévi énekesmadarak számára, fészkelési időben, hernyóként táplálékbaázist biztosító lepkefajok népességében (Eötvös et al. 2021). Ez azért említésre



A tragikusan fiatalon elhunyt Tallós Pál (1931–1967) sokoldalú, elhivatott kutató volt. Ezt bizonyítja, hogy a botanikusok és az entomológusok egyaránt tisztelettel emlékeznek rá, egy róla elnevezett orchidea- és egy bagolylepkefaj is őrzi emlékét. Nevéhez fűződik a mai napig is működő Erdészeti Fénycsapda Hálózat megalapítása, aminek haláláig szakmai vezetője is volt. A kép jobb oldali alakja Mészáros Zoltán (1936–2017), Tallós Pál jóbarátja, maga is kiváló rovarász, a Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Rovartani Tanszékének későbbi professzora és a Magyar Rovartani Társaságnak három cikluson keresztül elnöke. A kép a Liptói-havasok egy gyűjtőút során készült, az 1960-as évek első felében
(Forrás: a Tallós család képgyűjteménye)

méltó eredmény, mert a rovarfauna tömegességében mutatkozó trendeket funkcionális megközelítésben vizsgálja, és nem csak különféle diverzitási mutatók szintjén.

A kezdetektől mostanáig már jóval meghaladja a 300-at a szakmai/tudományos publikációk, tudományos értekezések, szakdolgozatok, poszterek száma, amik az Erdészeti Fénycsapda Hálózat adatait (is) használták.



Tallós Pál egyébként igazi reneszánsz személyiség volt. Szívesen és jól énekelt, szerette a népdalokat és a néptáncot. Rajongott a komolyzenéért, különösen Kodály Zoltán műveiért.

Koncertek, hangversenyek rendszeres látogatója volt. Mindezek mellett festőművész édesapjától és iparművész édesanyjától kiváló rajztehetséget örökölt. A fenti rajzot 15 éves korában,

1946 nyarán készítette néhány magyarországi szenderről és hernyóikról

(Forrás: a Tallós család képgyűjteménye)

Állandósított egészségi monitoring hálózatok

Az 1980-as évek fokozódó erdőkárai miatt 1987-ben, széles szakmai összefogással megszületett az „Erdővédelem Komplex Rendszere”, amelynek keretében kiépült a nemzetközi megfigyelési hálózatokhoz is kapcsolódó, többszintű, hazai erdővédelmi megfigyelő hálózat. A monitoring rendszer egymásra épülő elemei:

- Nemzetközi I. szintű, nagyterületű megfigyelő rendszer (16×16 km-es hálózat)
- Nemzetközi II. szintű, intenzív megfigyelő rendszer
- Állományalkotó főbb fajajok megfigyelési hálózata

A hazai és nemzetközi hálózati rendszerek, mintegy piramist alkotva, egymásra épülő vizsgálati szintekre különülnek, melyek összekapcsolódva kiegészítik egymást. Az alsó szinteken nagy területű reprezentatív felvételek történnek, ahol sok mintaponton egyszerű alapadatokat gyűjtenek. A szinteken felfelé haladva csökken a vizsgált erdőrészek és egyedek száma, ugyanakkor egyre részletesebb, sokrétűbb megfigyelések történnek. A felmérések alapvető célja reprezentatív adatok gyűjtése az erdei károk minőségéről, kiterjedéséről, intenzitásáról, időbeni változásáról. A rendszer nagy előnye, hogy egységes metodikája révén az adatfelvételek eredményei kapcsolhatóak a többi tagország felvételi adataihoz. A nemzetközi program jelenleg 42 európai ország részvételével működik (Koltay 2020; Michel et al. 2021).

Nemzetközi I. szintű, nagyterületű megfigyelő rendszer

A mintapontok kiépítése és a felvételezés 1988-tól működik hazánkban. Kezdetben 4×4 km-es hálózatként üzemelt összesen 1027 mintaponttal. 2007-től a mintapontok számát csökkentették, és ettől az évtől kezdve 16×16 km-es hálózatként működik tovább. A hálózat mintapontjait az ország területére vetített 16×16 km-es rácsháló metszéspontjaira eső erdőterületeken jelölték ki. A vizsgált erdőrészek száma eredetileg 74, de a parcellák és a minősített fák száma az erdőterületek növekedése, az erdőgazdálkodói beavatkozások – tisztítás, gyérítés, véghasználat stb. – miatt évente változó. Mintapontként 24 faegyedet vizsgálnak (74 mintaparcellában összesen 1776 egyed) évente egy alkalommal, július-augusztus hónapokban (Koltay 2004; Kolozs et al. 2009).

Nemzetközi II. szintű, intenzív megfigyelő rendszer

A rendszer kiépítése 1996-ra valósult meg hazánkban. Az Intenzív II. szintű megfigyelő hálózatba eredetileg 15 mintaterület tartozott, de különféle okok miatt 2021-ben már csak 7 mintaterületen folynak felvételezések. Ezek a megfigyelési pontok elhelyezkedésükben már nem követik mechanikusan a 16×16 km-es mérőhálózatot. Földrajzilag csoportonként elkülönülnek (Mátra – kocsánytalan tölgy és bükk; Kiskunság – akác; Zalai-dombsíkság – bükk; Órség – erdeifenyő és kocsánytalan tölgy, Budai-hegység – cser), és csak részben reprezentálják Magyarország erdőtársulásait. Az állományszerű mintaterületek a nemzetközi elvárások szerint előírt műszerezettséggel rendelkeznek. Az állományokban folyamatos és széleskörű adatgyűjtés folyik. A rendkívül részletes egészségi állapot felvételek mellett, a meteorológiai adatok mérésén kívül ózonkár felmérés, lombanalízis, depozíciómérés, növekedésmérés, évgyűrűvizsgálat, talajtani vizsgálatok, cönológia felvételek, biomassza meghatározás, fenológiai megfigyelések és számos más, az ökológiai kutatásokat segítő vizsgálatok is folynak. Az adatgyűjtés és a megfigyelések célja az ökológiai körülményekben bekövetkezett változások folyamatos regisztrálása egységes nemzetközi paraméterek szerint, valamint folyamatos ökoszisztéma szemléletű erdővédelmi és produkció-biológiai vizsgálatok fenntartása (Kolozs et al. 2009; Koltay 2020).

Állományalkotó főbb fajok megfigyelési hálózata

A hazai erdők jelentősebb fafajainak vizsgálata minden szempontból kiemelkedően fontos feladat. Az elmúlt évtizedekben észlelt erdőkárok egy része fajspecifikusan jelentkezett. Ilyen volt az úgynevezett szilfavész, a kocsánytalan tölgyek pusztulása vagy a 2000-es évek elején tapasztalt fitoftóráis égerpusztulás és az utóbbi években jelentkező kőrís kéregfekély (*Hymenoscyphus fraxineus*). Az egyes fajokon, illetve állományokban jelentkező pusztulások speciális vizsgálatot igényelnek, melyek alapfeltétele a célzottan végzett megfigyelés, adatgyűjtés. Ennek eredményeként jöttek létre a különféle fajok állományait vizsgáló hálózatok, melyeket a SOE ERTI Erdővédelmi Osztálya tart fenn. Elsőként a kocsánytalan tölgyek vizsgálata kezdődött 1982–83-ban. Ekkor 24 mintapont létesült az ország különböző részén, melyek száma a pusztulás fokozódásával folyamatosan emelkedett, és az 1990-es évek elején meghaladta a 90-et, megközelítőleg 15 000 mintafával (Igmándy et al. 1984, 1987). A pusztulás intenzitásának mérséklődésével párhuzamosan csökkent a vizsgált erdőrészek száma, és így jelenleg 26 parcellán mintegy 5000 mintafa vizsgálata történik.

Az állományalkotó fajok hálózata az elmúlt évtizedek során tovább bővült, akác, éger, bükk parcellák hálózatával, majd a források és az aktuális problémák csökkenésével párhuzamosan csökkentek, illetve meg is szűntek egyes hálózatok.

Feromon kutatások és csapdajelesztések

Az Eötvös Loránd Kutatási Hálózat Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézetében (korábbi nevén MTA Növényvédelmi Kutatóintézet) számos olyan kutatás folyt és folyik ma is, amik erdővédelmi szempontból is kifejezetten jelentősek. Kiemelendők a feromonkutatások, illetve csapdajelesztések, amik számos erdővédelmi szempontból is fontos lepkefajjal kapcsolatban értek el nemzetközileg is jegyzett eredményeket. Közülük néhány példa: téliaraszoló (Szöcs et al. 1993; Wang et al. 2013), több *Orthosia* bagolylepke faj (Tóth et al. 1993), gyapottok bagolylepke (Szöcs et al. 1995), vadgesztenyelevél-aknázómoly (Szöcs et al. 2000; Vuts et al. 2013), nyár-gyapjaslepke (Szöcs et al. 2005), tölgyaknázó sörtészmoly (Molnár et al. 2012) és tölgyakk-moly (Jósvai et al. 2013).

A monitoring, illetve előrejelzés mellett számos más vizsgálatra (pl. faunisztika, etológia, ökológia) is alkalmasak a félszintetikus „biszex” csapdák, melyek a lepkék mellett számos más rovarcsoport hímjeit és nőtényeit egyaránt fogják (Tóth et al. 2015; Szanyi et al. 2019; Szalárdi et al. 2021).

Az utóbbi bő egy évtizedben, nemzetközi együttműködésben jelentős eredmények születtek díszbogarak (elsősorban az *Agrilus* fajok) csapdázásával kapcsolatban. Ezek a kutatások főként a bogarakat csalogató színekre és illatanyagokra (tápnövény zöldlevél-illatanyagok), illetve ezek kombinációira irányultak/irányulnak (Domingue et al. 2011, 2013, 2016; Imrei et al. 2020a,b, 2021). Az ezirányú kutatások egyik fő motivációja minden bizonnyal az volt, hogy Észak-Amerikába behurcolták a Kelet-Ázsiában honos

kőrís-karcsúdíszbogarat (*Agrilus planipennis*) – ami egyébként egy Moszkva környéki behurcolási gócból kiindulva folyamatosan terjeszkedik nyugati irányba – és már át is lépte az orosz-ukrán határt. Hatása meglehetősen drasztikus, az általa okozott tömeges fapuszulás az USA-ban csillagászati összegre rúgó gazdasági veszteségeket, egyben súlyos ökológiai károkat okozott. A csapdák alkalmasak lehetnek az *A. planipennis* és más veszélyes inváziós díszbogár faj korai észlelésére és monitoringjára, egy potenciálisan veszélyes inváziós faj korai észlelésének jelentőségét pedig aligha lehet túlhangsúlyozni. A hatékony csapdák továbbá hasznosak lehetnek az őshonos fajok monitorozására is. Ez már csak azért is fontos, mert egyes díszbogár fajok erdővédelmi jelentősége a klímaváltozás hatására növekedni látszik. Ilyen pl. az új évezred első éveiben, a zalai bükkösökben súlyos károkat okozó zöld karcsúdíszbogár (*Agrilus viridis*), illetve a tölgyesekből már régóta ismert kétpettyes karcsúdíszbogár (*Agrilus biguttatus*).

Erdőgazdálkodás-diverzitás-erdőegészség egyes összefüggései

A tágabban és korszerűbben értelmezett erdővédelem témakörébe mindenképpen illeszkednek azok a kutatások is, amik a biodiverzitás erdőegészségre, illetve az erdőgazdálkodás biodiverzitására gyakorolt hatásait igyekeznek feltárni. Az előbbi témakör jelentőségéhez képest hazai viszonylatban sajnos meglehetősen elhanyagoltnak mondható. Jelenleg zajlik ugyan egy kutatási projekt (Erdővédelmi jelentőségű ökoszisztéma szolgáltatások számszerűsítése magyarországi tölgyesekben – OTKA pályázat), ugyanakkor publikált eredményei egyelőre még alig vannak. Ez már csak azért is egy jelentős hiátust tükröz, mert Győrfi János munkásságának (lásd korábban) jelentős szegmense már mintegy hét évtizeddel ezelőtt éppen ezekkel az összefüggésekkel foglalkozott.

Az erdőfelújítási/erdőművelési technológiák egyes állatcsoportokra gyakorolt hatásával kapcsolatban jóval több közlemény közöl eredményeket. Mesterséges lécek futóbogár- és pókegyütteseit vizsgálták Andrési és Lakatos (2014); Andrési et al. (2018a,b); Bali et al. (2019a,b,c). A különböző erdőművelési beavatkozások és állományszerkezeti jellemzők pókokra gyakorolt hatásait tanulmányozták Samu et al. (2021). Számos (46) környezeti változó hatásait 11 élőlénycsoport diverzitására vonatkozóan vizsgálták Tinya et al. (2021). Megállapításuk szerint az állományszerkezet és a fafajösszetétel bírt a legnagyobb jelentőséggel.

Az őshonos vs. idegenhonos fafajú, telepített állományok ugróvillás faunáját hasonlították össze Traser és Csóka (2002), Winkler és Tóth (2012), valamint Palkó et al. (2020). Általánosságban elmondható, hogy az idegenhonos állományokban a fajegyüttesek szegényebbek. Idegenhonos, inváziós fásszárú fajok (pl. amerikai kőrís, zöld juhar) élőhelyátalakító hatását taglalta Ónodi (2016). Ezeknek jellemzően kevesebb fogyasztója van, de még pl. a lebontó gombák is nehezebben kolonizálják őket, így kevesebb mikrohabitat alakul ki rajtuk. Átalakító hatásuk sok esetben visszafordíthatatlan.

Az erdőgazdálkodás biodiverzitásra gyakorolt hatásait az utóbbi években számos könyv, monográfia érinti. A teljesség igénye nélkül néhány példa. Az erdei holtfa erdőkben betöltött meglehetősen komplex szerepét (természetvédelem, erdőegészség,

vízgazdálkodás stb.) foglalja össze a „Silva naturalis” sorozat 5. köteteként, 2014-ben megjelent „A holtfa” c. monográfia (Csóka és Lakatos 2014). Különböző élőlénycsoportokon keresztül vizsgálja az erdőgazdálkodás biológiai sokféleségre gyakorolt hatását a Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatósága által megjelentetett tanulmánykötet (Korda 2016). Standovár et al. (2017) munkája egy nagyszabású (60 ezernél több 500 m²-es mintapont) erdőállapot-felmérés eredményeit adja közre. Ebben számos, erdővédelmi szempontból alapvető jelentőségű állapot-jellemzőre (odvas fák, elegyesség, állomány-szerkezet stb.) vonatkozóan találhatunk hiánypótló, konkrét terepi felvételekre alapozott információkat.

Mit hoz a jövő?

Egy tudományterület jövőjének előrejelzését nyilvánvalóan számos bizonytalansági tényező nehezítheti. Ugyanakkor bizonyos tények és tendenciák ismeretében mégis lehetségesek bizonyos előrejelzések. Ebben a fejezetben megkíséreljük röviden bemutatni, hogy milyen erdővédelmi vonatkozású változások prognosztizálhatók, illetve mik azok a legfontosabb tennivalók (beleértve a kutatási irányokat), amiket erdeink jövőbeni egészségi állapotának megőrzése érdekében fontosnak tartunk.

Várható trendek

Sajnos az előrejelzések – sem hazai, sem nemzetközi vonatkozásban – nem túl sok jót ígérnek az erdők egészségi állapotát illetően. Nem látszik például reális esély arra, hogy az erdők egészsége szempontjából kedvezőtlen irányú klímaváltozási trend belátható időn belül megáll, illetve jelentősen mérséklődik. Negatív hatásaira valószínűleg legalább a jelenlegi, de még inkább növekvő szinten kell számítani. Itt a gyakoribb, súlyosabb és hosszabb ideig tartó aszályok (Gálos et al. 2007; Hlásny et al. 2014) mellett természetesen a klímaváltozás más megnyilvánulási formáira (gyakoribb viharok, kései fagyok, enyhe fagymentes telek stb.) is gondolni kell. Az abiotikus károk közül külön is említeni kell az erdőtüzek gyakoriságának várható jelentős mértékű növekedését (különösen az alföldi telepített fenyvesek esetében), hiszen az állandósulni látszó csapadékhiány és a növekvő hőmérsékletek erre a kárformára vannak a legnagyobb közvetlen hatással.

Hacsak részben is, de a klímaváltozással is összefüggésbe hozható az, hogy az eddig, illetve hosszú ideig jelentéktelennek tartott fajok kártételi népséggel jelennek meg (Leskó és Szabóky 2003; Lakatos és Molnár 2009; Hirka és Csóka 2010b; Csóka 2022).

Hazai és nemzetközi elemzések egybehangzó megállapítása, hogy a globális kereskedelem további növekedésének mellékhatásaként nem várható csökkenés, illetve telítődés a behurcolt idegenhonos fajok számában, sokkal inkább jelentős további növekedésre lehet számítani (Seebens et al. 2017). Természetesen nem mindegyik jövevényfaj válik invázióssá. Azt, hogy melyik lesz, és melyik nem lesz az, nemigen lehet előre megmonda-

ni. Az viszont már az eddigi ismeretek birtokában is nyilvánvaló, hogy számos jövevény faj (kórokozó, rovar egyaránt) ökológiai és ökonómiai szempontból is súlyos hatású lehet. Szinte biztosra vehető, hogy néhány, a közeli országokban már megjelent faj, mint pl. az ázsiai lombfancincér (*Anoplophora glabripennis*) vagy az ázsiai kőrisrontó-karcsúdíszbogár (*Agrilus planipennis*) magyarországi feltűnése csak idő kérdése, de ezeken túl számos más idegenhonos kórokozó és rovar megjelenésére is számítani kell (Koltay és Halász 2017; Tuba 2019).

A fenti tényezők eredője lehet, hogy egyre gyakrabban és nagyobb területen, időben és térben előre nem jelezhető abiotikus és biotikus kalamitások fognak bekövetkezni. Ezek egymást követve, illetve egymásra épülve még az eddigieknél is súlyosabb kárláncolatokat fognak kiváltani, amik az erdők egészségi állapotában, ellenálló- és rugalmas alkalmazkodóképességében további jelentős romlást, akár nagy területet érintő tömeges fapusztulást is előidézhetnek. Ezek az erdőgazdálkodás gazdaságosságát, de a gazdaságilag nem, vagy egyelőre csak nehezen számszerűsíthető ökoszisztéma szolgáltatásokat is negatívan érinthetik.

A paradigmaváltás szükségessége

Éppen a jövőbeni káresemények bizonytalan előrejelezhetősége miatt is eléggé nyilvánvaló, hogy a reaktív (~egy adott erdővédelmi probléma fellépését követően foganatosított) erdővédelmi intézkedések hatékonysága eleve csak korlátozott lehet. Sok esetben a károk előtti állapotok helyreállítása lehetetlen, vagy csak részben lesz lehetséges. Ahogy napjainkban a humán egészségügyben is egyre nagyobb hangsúlyt kap a megelőzés, illetve a problémák korai felismerésének jelentősége, az erdővédelemben is a proaktív (~kockázatcsökkentő/előrelátó/előre gondolkodó) szemléletnek kell meghatározóvá válnia. Ez tulajdonképpen részben átfed a preventív (megelőző) erdővédelmi szemlélettel, de annál hosszabb időszakra vonatkozik, és szélesebb körben értelmezendő. Tulajdonképpen azoknak az erdőgazdálkodási/erdőkezelési/kutatási/oktatási tevékenységeknek az összessége, amik révén erdeinkben a jövőbeni károkockázatokat érdemben csökkenteni lehet. Ehhez elengedhetetlenül szükséges annak elemzése, tisztázása, hogy a múlt és a jelen erdőgazdálkodási gyakorlata hogyan és milyen mértékben hatott (és hat ma is) az erdők ellenálló- és alkalmazkodó-képességére. Az alábbiakban a proaktív erdővédelmi szemlélet néhány főbb összetevőjét röviden érintjük.

A proaktív erdővédelmi szemlélet néhány főbb összetevője

Folyamatos, korszerű erdővédelmi monitoring

A proaktív erdővédelem nélkülözhetetlen eleme a korszerű és hatékony erdőegészség-monitoring. A klasszikusnak nevezhető módszerek (állandósított parcellák, fénycsapda hálózat stb.) mellett ebben helyet kell kapnia többek között a távérzékelésnek, a drónoknak, a csapadefejlesztéseknek.

A műholdas távérzékelés és a drónok alkalmazása lehetővé teszi egyes kártípusok gyors észlelését, terjedésük nyomon követését (Kern et al. 2021), illetve térbeli kiterjedésük pontos meghatározását (Molnár és et al. 2020).

A csapdafejlesztések különös jelentőséggel bírhatnak egyes potenciálisan súlyos hatású inváziós rovarfajok (pl. az ázsiai körísrontó-karcsúdíszbogár – *Agrilus planipennis*) korai észlelésében (Domingue et al. 2016; Imrei és et al. 2021).

Célirányos kutatások, nemzetköziség, tudásátadás

Az erdővédelmi kutatások másfél évszázados történelme során hatalmas tudásanyag halmozódott fel, amire a jövőben lehet és kell is építeni. Ugyanakkor az is nyilvánvaló, hogy ez a tudásanyag nem minden esetben elegendő a jelen és jövő erdővédelmi kihívásainak kezelésére. Az erdeinket sújtó növekvő kárnyomás miatt még kiterjedtebb, még intenzívebb kutatásokra van szükség, amiknek fő fókusza a jövőbeni károk csökkentésére, a kármértékek csökkentésének lehetőségei kell, hogy legyen.



„A gubacsokozó ízeltlábúak biológiája” (*The Biology of Gall-inducing Arthropods*) címmel, 1997 augusztusában, Mátrafüreden megrendezett IUFRO konferencia résztvevői
A rendezvényre öt kontinens 22 országából érkeztek kutatók (Forrás: Csóka György)

Nyilvánvaló, hogy a jelen és a jövő erdővédelmi problémáinak jelentős része nem korlátozódik egy-egy ország területére, hiszen azok, ha más-más mértékben is, de nagyobb régiókat, akár kontinenseket is érinthetnek hasonló módon. Ebből viszont egyenesen következik, hogy az erdővédelmi kutatás művelőinek még az eddigieknél is tovább kell

erősíteniük a nemzetközi együttműködést/kommunikációt. Ez egyébként a teljes erdőszettudományra, sőt a tágabban értelmezett környezettudományokra is vonatkozik. Erre alkalmas fórumokként többek között például a IUFRO 7. divíziójának egyes munkacsoportjai, a COST programok, a REUFIS is említhetők. Erdővédelmi szempontból a nemzetköziség különösen az idegenhonos inváziós fajok vonatkozásában bír kiemelkedő jelentőséggel. Többek között a terjedési módok megismerése, a várható megjelenés előrejelzése, a korai felismerés és a lehetséges védekezési módszerek szempontjából egyaránt fontosak lehetnek a nemzetközi tapasztalatok.

Közösségi tudomány/közösségi adatgyűjtés („citizen science”) erősítése

Nemzetközi tapasztalatok szerint a „citizen science” az idegenhonos, inváziós fajok korai észlelésében, illetve terjedésük nyomon követésében nyújthat hathatós segítséget. Ennek jelentőségét pedig aligha lehet túlhangsúlyozni. A SOE ERTI Erdővédelmi Osztályán – az EMK-val együttműködve – folyamatban van egy olyan internetes erdővédelmi portál kialakítása, aminek egyik eleme a „laikus” lakosság idegenhonos fajok monitoringjába történő széles körű bevonását célozza. Ehhez olyan információ-források (webes felületek, mobiltelefonos applikáció stb.) kialakítása és fenntartása szükséges, amik a lakosság bevonását segítik, illetve ellátják megfelelő, szakmailag megalapozott tudásanyaggal.

Szakmai önkorlátozás az erdőtelepítések során – jövőbe tekintő, szigorúan szakmai alapú termőhely- és szaporítóanyag-megválasztás

A proaktív szemléletű erdővédelem egyik legalapvetőbb összetevője a termőhelymegválasztás, illetve a fafajmegválasztás (függően attól, hogy adott fafaj(ok), illetve az adott termőhely oldaláról közelítjük a kérdést). Bármely fafajokról legyen is szó, azok csak a számukra megfelelő termőhelyen fognak megfelelően növekedni, illetve csak itt várható el tőlük, hogy a különböző abiotikus és biotikus károkkal szemben ellenállóak legyenek. Mivel még a rövidebb életciklusú fafajok állományai esetében is több évtizedes időtávlatokról lehet szó, fontos az előre tekintés. Azaz nem feltétlenül a jelen (pláne nem a múlt), hanem sokkal inkább a jövő várható termőhelyi viszonyait kell figyelembe venni. Különösen fontos ez manapság, amikor az erdőtelepítések támogatása viszonylag gyorsan realizálható gazdasági előnyökkel kecsegtethet. A termőhely-megválasztáshoz komoly szaktudás mellett egyfajta önkorlátozás, önmérséklet is szükségeltetik. Egyrészt csak oda szabad erdőt telepíteni, ahol ökológiai szempontból is az az optimális megoldás. Másrészt, csak olyan erdők létrehozásának van értelme, amik hosszabb távon is (jóval a támogatási ciklus vége után is) erdőként lesznek képesek funkcionálni, és biztosítani tudják majd az erdőktől elvárt sokrétű ökoszisztéma szolgáltatásokat (beleértve akár a faanyag termelést is). Ha az erdőtelepítést csak a rövidtávú gazdasági érdekek vezérlik, akkor fennáll a veszélye annak, hogy sínylődő, a negatív környezeti hatásoknak ellenállni nem képes erdők jönnek létre, elvetve ezzel sok-sok jövőbeni erdővédelmi probléma magját. Ennek pedig

különösen nagy jelentősége van a negatív irányú környezeti változások (klímaváltozás, biológiai inváziók) ma már aligha vitatható ténye kapcsán.

Az erdőtelepítések, illetve az erdőfelújítások során alkalmazott szaporítóanyag minősége és származása alapvetően befolyásolja a létrejövő erdők jövőbeni sorsát. Általános szabályként elmondható, hogy őshonos fafajaink szaporítóanyagának (mag, csemete) beszerzése során a tőlünk délre fekvő származásokat lehet megfontolni, az északabbi származásokat kerülni kell. Több konkrét tapasztalat van már arra vonatkozóan, hogy az északi származású szaporítóanyag (pl. lengyelországi tölgy) felhasználásával létrehozott fiatalosokban már 10 éves kor körül számottevő pusztulás jelentkezik. A déli származásokat is elsősorban a szaporítóanyag genetikai tulajdonságainak diverzifikálásaként kell számításba venni, nem pedig a helyi származások teljes lecserélésére. Idegenhonos fajok honosítása csak végső esetben, alapos megfontolás és előtanulmányok után jöhet szóba.

Vízgazdálkodás, mikroklímavédelem

Sajnos a magyar erdők túlnyomó része többlet-vízhatástól független termőhelyen áll. Ezzel együtt is, ahol lehetséges, ott kiemelt jelentőségű a vízvisszatartás/vízpótlás. Erre vonatkozóan jó példákat szolgáltatnak a Fekete-Körös erdeiben (Puskás 2021) és Kaszón (Koltay et al. 2020) végrehajtott vízpótlási projektek, illetve az Ormánságban zajló Ős-Dráva program (Ripszám 2021). Az ilyen, nagyobb horderejű kezdeményezések mellett fontos az erdőkben a lehető legnagyobb mennyiségű víz visszatartása is („pocsolyavédelem”), illetve az erdei mikroklíma védelme.

Diverzitás-kímélő erdőművelés, célirányos diverzitás-rekonstrukció

Számos nemzetközi és hazai kutatás egybehangzó eredménye szerint a finom léptékben szerkezetileg változatos erdőállományok sokkal ellenállóbbak a különböző abiotikus károkkal (viharkárok, hótörés, jégtörés stb.) szemben (Kenderes et al. 2007; Csépanyi et al. 2017), azaz a változatos állomány szerkezet jelentős mértékben csökkentheti a károk kockázatát. A finomabb léptékű beavatkozások, az erdőszegélyek kialakítása, illetve megtartása, a folyamatos erdőborítás irányába történő elmozdulás – az erdei mikroklíma védelmével együtt – jelentősen erősítik az erdők ellenállóképességét.

Szintén egyre több kutatási eredmény világít rá, hogy az erdők biológiai sokfélesége nagyon fontos tényező az ellenállóképességük (\pm rezisztencia) és rugalmas alkalmazkodóképességük (\pm reziliencia) vonatkozásában, azaz a változatos fajösszetételű és szerkezetű erdők ellenállóbbak az abiotikus és biotikus tényezőkkel szemben, illetve egy-egy bekövetkezett káreseményt követően gyorsabban és jobban képesek regenerálódni (Guyot et al. 2016, Klapwijk és Björkman 2018). Megjegyzendő, hogy Győrfi János ezt már több mint 70 évvel ezelőtt megállapította (Győrfi 1947a,b). Egy új erdő létrehozása során tehát fontos szempont, hogy a lehető legtöbb olyan fajt vegyük számításba, ami számára az adott termőhely megfelelő. Az elegyesség ne csak „jelképes” legyen (pl. 90% fő faj, 10% 3 egyéb faj), ha-

nem az elegyfafajok aránya magas legyen, és a létrejövő fiatalos finomabb térbeli léptékben is elegyes legyen. Már meglévő állományok esetében a nevelővágások (tisztítások, gyérítések) során az elegyfafajokat – beleértve az egykor „gyomfának” bélyegzetteket is – kímélni kell.

A hosszú időn keresztül fennálló szemlélettel ellentétben az odvas fák jelenléte nem káros, hanem kifejezetten hasznos a lombos erdőkben. A hozzájuk kötődő rovarevő énekesmadarak, denevérek, ragadozó és élősködő ízeltlábúak (Dobrosi 2017; Wetherbee et al. 2020) ugyanis jelentős mértékben csökkentik azoknak a növényevő rovaroknak a népszerűségét, amik tömegszaporodásuk esetén negatívan befolyásolhatják a fák növekedését, egészségi állapotát. Folyamatban lévő hazai vizsgálatok előzetes eredményei például rámutatnak, hogy azokban a tölgyesekben, ahol megfelelő mennyiségű fészekodú van, ott a tölgyek makktermése jobb minőségű (kisebb a rovarfertőzött makkok aránya). A mesterséges fészekodúk kihelyezése pozitív hatású lehet, de a természetes úton keletkező faodvak, odvas fák kímélete hosszabb távon mindenképpen sokkal hasznosabb, így inkább azok megfelelő mennyiségben és minőségben való megőrzését kell preferálni (Frank et al. 2022).

Vadlétszám tolerálható szinten való tartása

A túlszaporodott nagyvadállomány erdőkre gyakorolt hatásairól itt nem kívánunk részletes áttekintést adni. Csupán néhány olyan szempontra hívjuk fel a figyelmet, amiknek hosszabb távon súlya, jelentősége – különösen erdővédelmi szempontból – az eddigiekhez képest nagy eséllyel növekedni fog.

Közismert, hogy a természetes felújítás több szempontból – így pl. az újulat fajon belüli genetikai diverzitásának szempontjából is – sokkal előnyösebb, mint a mesterséges felújítás, különösen, ha az kétséges származású szaporítóanyaggal valósul meg. Azaz a „helyben termett”, legalább is részben adaptálódott szaporítóanyag jelentősége a jövőben növekedni fog. Így pedig egyre égetőbb kérdéssé válik, hogy a rendelkezésre álló szaporítóanyag (pl. tölgy-makk vagy csemete) milyen formában „hasznosul”.

Még inkább hangsúlyossá válik ez annak ismeretében, hogy például az inváziós tölgy-csipkésposloska tölgyeseinkben már most egyaránt jelentős negatív hatással van a makktermés mennyiségére és minőségére is. Előrejelzéseink szerint ez a probléma a jövőben súlyosbodni, illetve állandósulni fog, ami a tölgyesek természetes felújítása, illetve a szaporítóanyag-ellátás szempontjából is súlyos problémákat vetít előre. Többek között azzal is, hogy az erdőgazdálkodók olyan származású (pl. tőlünk északra termett) makk beszerzésére kényszerülnek, ami pedig hosszabb távon nagy eséllyel erdővédelmi problémákat hordoz magában.

Bizonyos nagyvad fajok egyes elegyfafajokat kifejezetten kedvelnek, ezek fogyasztásával a fiatalosokat, illetve a belőlük felnövekvő állományokat az elegyetlenség, illetve az alacsonyabb mértékű elegyesség irányába alakítják. Ezzel pedig azok ellenálló és rugalmas alkalmazkodó-képességét jelentősen csökkentik.

A kedvezőtlen irányba változó környezeti viszonyok hatására erdeink még inkább sebezhetővé válnak, azaz a vadállomány közvetlen és közvetett negatív hatásainak további erősödése várható. Mindezek eredőjeként egyértelmű, hogy a nagyvadállomány tolerál-

ható szinten való tartása hosszabb távon, erdeink rezisztenciája és rezilienciája szempontjából a jelenleg ismertnél is jóval nagyobb jelentőséggel fog bírni.

Összegző gondolatok

A magyarországi erdővédelmi kutatások a kezdetektől fogva gyorsan reagáltak az éppen aktuális kihívásokra. Ezeket a kihívásokat történelmi események, politikai/szakmapolitikai koncepciók és környezeti változások (illetve ezek különféle kölcsönhatásai) egyaránt alakították. Az I. világháborút lezáró trianoni békediktátum a magyar erdőkben, az erdőgazdálkodásban, így az erdővédelmi kutatások fókuszaiban is jelentős változásokat hozott. A veszteségek pótlását célzó – jelentős részben szuboptimális termőhelyen megvalósuló – erőltetett erdőtelepítési program számos új, illetve korábban kisebb jelentőségűnek ítélt problémát vetett fel. Erdeink egészségi állapotával kapcsolatban mindenképpen hangsúlyozandó, hogy több mint 40%-uk olyan helyen áll, ahol 70–80 évvel korábban még nem erdő volt. Ezek nem elhanyagolható része „kényszertermőhely”, annak minden erdővédelmi kihatásával együtt. Ezeket a hatásokat – a mesterséges és természetes eredetű erdőkben egyaránt – tovább fokozzák a kedvezőtlen irányú környezeti változások (klímaváltozás, inváziós fajok).

Napjainkban nyilvánvaló, hogy a magyar erdők egészsége megnövekedett és folyamatosan növekvő kárnyomás alatt van. Sajnos nem látszik reális esély arra, hogy ez a kárnyomás belátható időn belül érdemben csökkenjen. Előre nem jelezhető, akár korábbról ismeretlen (abiotikus és biotikus) káresemények bármikor előfordulhatnak. Ezek mennyiségi és minőségi vonatkozásban is jelentős hatással lehetnek az erdőktől elvárt sokrétű szolgáltatások teljesülésére, más szóval számottevő ökonómiai és ökológiai károkat okozhatnak. A kalamitások/károk bekövetkezése után foganatosított reaktív beavatkozások sok esetben csak tüneti kezeléseknél tekinthetők („eső után köpönyeg”). A károk kockázatát, illetve azok súlyosságát hosszabb távon csak a proaktív erdővédelem csökkentheti. Ennek fő eleme az erdők ellenálló- (\pm rezisztencia) és rugalmas alkalmazkodó-képességének (\pm reziliencia) erősítése, a problémák korai felismerése. Ezeket a mindennapi erdőgazdálkodási gyakorlat nagyban (pozitív és negatív irányban egyaránt) befolyásolhatja, aminek pedig igen fontos eleme a helyi szakemberek hozzáállása, szaktudása, felelősségtudata.

Napról napra egyre több kutatási eredmény lát napvilágot arra vonatkozóan, hogy az erdők rezisztenciáját és rezilienciáját az abiotikus és biotikus kalamitások vonatkozásában egyaránt alapvető módon és mértékben javíthatja a biodiverzitás (szerkezeti változatosság, változatos koreloszlás, elegyesség, fajon belüli változatosság stb.) megőrzése, növelése, rekonstrukciója (Aszalós et al. 2004; Kenderes et al. 2007; Csépanyi et al. 2014; Bereczki et al. 2014). Ez tervezett, célirányos és szakszerű beavatkozásokat, egyfajta új megközelítést/szemléletet igényel.

Az európai erdők túlnyomó részében az aktív erdőgazdálkodás elkerülhetetlen. Ugyanakkor a gazdálkodásnak meghatározó eleme az állományok ellenálló- és alkalmazkodóképességének növelése kell, hogy legyen. Ennek néhány összetevője a teljesség igénye

nélkül: az erdővédelmi szempontból funkcionális szintű és térbeli mintázatú elegyesség, a fajon belüli változatosság megtartása, illetve növelése, szerkezeti változatosság, a „gyomfák” és cserjék, valamint az erdei holtfa (különös tekintettel az álló holtfára) rehabilitálása (Lakatos és Csóka 2014; Frank et al. 2022).

Az erdei biodiverzitás tudatos növelése egyidejűleg szolgálja a társadalmi elvárások magasabb szintű teljesítését, egyben a környezeti változások negatív hatásainak mérséklését is. Az erdőgazdálkodás számára megfogalmazott szakmai elvárásokban ezeket a szempontokat az eddigieknél jóval nagyobb súllyal kell szerepeltetni. Ez nem jelenti azt, hogy a faanyag-nyerésről le kell mondani, de a fatermelés, mint célkitűzés abszolút dominanciáját (különösen az őshonos fafajú állományokban) sok esetben újra kell gondolni.

A fentiek valóra váltásához nélkülözhetetlen a kibővített erdővédelmi monitoring, valamint az intenzív célirányos kutatások folytatása. Hasonlóan fontos a tudástranszfer fejlesztése, kihasználva a modern technika által kínált lehetőségeket mind a szakoktatás különböző szintjein, mind a gyakorlati erdőgazdálkodás területén. A kikerülhetetlenül szükséges szemléletváltás ugyanis csak széles körben ismert és elfogadott, meggyőző szakmai érvrendszerre támaszkodva valósulhat meg.

A proaktív erdővédelmi szemlélet kapcsán (is) feltétlenül említést érdemelnek a napjainkban kibontakozó jelentős volumenű erdőtelepítési, országfásítási program potenciális jövőbeni erdővédelmi kihatásai. Az ország erdőterületének jelentős növelésére irányuló szándék természetesen örvendetes, ugyanakkor bizonyos kockázatokat is hordoz magában, amik csak szigorú szakmai szempontok priorizálásával, betartásával és betartásával, valamint komoly önkorlátozással csökkenthetők. Az erdőtelepítések pénzügyi támogatása ugyanis meglehetősen csábító lehet, aminek hatására olyan területeken is erdőt telepíthetnek, ahol az erdő nem feltétlenül a leghatékonyabb területhasznosítási mód, illetve ahol hosszú távon aligha remélhető egészséges erdő fennmaradása. Holott az újonnan létrehozott erdőtől remélt szolgáltatások (faanyag, szénmegkötés, mikroklíma javítás, diverzitás növelés stb.) csak hosszú távon is egészséges (azaz rezisztens és reziliens) erdőtől várhatók. Ha a támogatott időszak végén a létrehozott fiatalosokat sorsukra hagyják, akkor azok hosszabb távon sok esetben messze nem fogják teljesíteni a velük szembeni elvárásokat.

Sajnos a reaktív erdővédelmi szemlélet („majd megoldjuk a problémát, ha jelentkezik”) a hazai erdőgazdálkodási gyakorlatban egyelőre még jóval mélyebb gyökerekkel rendelkezik, mint a proaktív megközelítés. Kiemelt jelentőségű feladat a szemlélet lényegének minél szélesebb körben való megismertetése és elfogadtatása, azaz egyfajta erdővédelmi paradigmaváltás keresztülvitele.

Eötvös Loránd már bő egy évszázada kijelentette, hogy az igazi tudomány nemzetközi. Különösen igaz ez az erdővédelem tudománya esetében. Már csak azért is, mert az erdővédelmi problémák meglehetősen ritkán tisztelik az országhatárokat, legyen szó a klímaváltozás erdőkre gyakorolt hatásairól, vagy éppen idegenhonos, inváziós fajok kontinensen belüli terjeszkedéséről. Kikerülhetetlen szükséglet, de egyben alapvető érdek, hogy a magyar erdészettudományt – benne az erdővédelmet is – minél inkább beágyazzuk a nemzetközi tudományos közéletbe. Ez egyrészt az elérhető kutatási források, az

információ-áramlás és az előnyös együttműködések szempontjából is elengedhetetlen. Európában számos olyan intézmény, illetve szervezet működik, ami keretet biztosíthat az érdemi nemzetközi együttműködéshez. Ilyenek pl. a IUFRO, az EPP0, a különböző COST programok vagy akár az egyes országok kutatóintézetei, egyetemei.

Az erdővédelem tudománya egyidejűleg alapkutatásokat és alkalmazott kutatásokat is kell, hogy folytasson. Azaz a hazai erdőgazdálkodási gyakorlat joggal várja el, hogy számára is értelmezhető, illetve hasznosítható eredmények szülessenek (még ha nem is mindig fogadja meg azok ajánlásait). Emellett kiemelkedően fontos az is, hogy az arra érdemes hazai eredményeket nemzetközileg is látható fórumokon, tudományos lapokban idegen nyelven (ez gyakorlatilag az angol nyelvet jelenti) is láttassuk. Az utóbbi mintegy 160 évben magyar szerzők tollából megjelent erővédelmi vonatkozású közlemények túlnyomó része magyar nyelven íródott. Ezek között jócskán vannak olyanok, ami rangos tudományos folyóiratok sokat idézett cikkei lehetnének/lehettek volna, ha angolul írták volna meg őket.

Legutolsó gondolatként megismételjük azt az alapvető üzenetet, miszerint a jelenkor szakemberein, az ő tetteiken vagy mulasztásaikon nagyon nagy mértékben múlik a jövő érdeinek egészsége. Ezt a felelősséget nem háríthatjuk át másra.

Irodalom

- Ambrus A. és Csóka Gy. 1987: A fenyőpohók (*Dendrolimus pini* L.) rajzásának vizsgálata jelöléssel. *Folia Entomologica Hungarica* 48: 289–291.
- Ambrus A. és Csóka Gy. 1989: Adatok a fenyőpohók (*Dendrolimus pini* L.; Lepidoptera: Lasiocampidae) magyarországi kártételére és életmódjára vonatkozóan. *Az Erdő* 38(5): 231–232.
- Andrési D., Bali L., Kámpel J., Kollár T., Szél Gy. és Lakatos F. 2018a: Gyertyános-tölgyes és cseres erdők futóbogár-faunájának összehasonlítása Vas megyében. *Növényvédelem* 54(12): 518–527.
- Andrési D., Bali L., Tuba K. and Szinetár Cs. 2018b: Comparative study of ground beetle and ground-dwelling spider assemblages of artificial gap openings. *Community Ecology* 19(2): 133–140.
- Andrési D. és Lakatos F. 2014: Futóbogár-együttesek vizsgálata egy balatonfelvidéki mesterségesen kialakított lékben. *Erdészettudományi Közlemények* 4(1): 171–183.
- Anon. 1867: A pajodok pusztítása elleni óvszer. *Erdészeti Lapok* 6(3): 151–152.
- Anon. 1887: A cserebogarak irtása tűzzel és világosság segélyével. *Erdészeti Lapok* 26(11): 983–984.
- Anon. 1892a: Sikerült védekezés a *Retinia buoliana* ellen. *Erdészeti Lapok* 31(8): 570–572.
- Anon. 1892b: Útmutatás a cserebogárpajorok irtására a *Botrytis*-gomba segélyével. *Erdészeti Lapok* 31(3): 188–192.
- Apt Ö. 1954: Az 1954. évi cserebogárimágó irtási kísérletek. *Erdészeti Kutatások* 4: 71–80.
- Apt Ö. 1955: Cserebogárimágó irtási kísérletek tanulságai. *MTA Agrártudományi Közlemények* 8(1–2): 79–81.
- Apt Ö. 1956: A pajorkárelhárítás módszerei erdősítésekben. *Erdészeti Kutatások* 6: 111–125.

- Aszalós R., Standovár T., Ruff J. és Barton Zs. 2004: A börzsönyi jégtörések okairól az országosan egyre nagyobb területet érintő jégtörések fényében. In: Mátyás Cs. és Víg P. (szerk.): Erdő és Klíma IV. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 249–262.
- Avtzis D., Melika G., Matošević D. and Coyle D. 2019: The Asian chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*: a global invader and a successful case of classical biological control. *Journal of Pest Science* 92: 107–115.
- Ábrahám G., Havasréti B. és Lakatos F. 1998: A vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic 1986, Lepidoptera, Lithocolletidae) elterjedése és károsítása Győr-Moson-Sopron megyében. *Növényvédelem* 34(3): 127–131.
- Babics I. és Vízvári O. 2006: Egyfajta védekezési technológia a cserebogárpajor károsítása ellen. *Erdészeti Lapok* 141(11): 350–352.
- Bakonyi J., Nagy Z. Á., Varga K., Koltay A. és Érsek T. 2006: Első adatok a *Phytophthora citricola* hazai előfordulásáról. *Növényvédelem* 42(10): 579–585.
- Balázs B. G., Tuba K. és Lakatos F. 2021: Mikroorganizmusok szerepe a szűbogarak (Curculionidae, Scolytinae) ökológiájában. *Erdészettudományi Közlemények* 11(2): 131–142.
- Bali L., Andrési D., Ferka R., Szinetár Cs. és Tuba K. 2019b: Talajcsapdás arachnológiai vizsgálat a Szalafő Erdőrezervátum területén. *Erdészettudományi Közlemények* 9(2): 99–112.
- Bali L., Andrési D., Tuba K. és Szinetár Cs. 2019a: Comparing pitfall trapping and suction sampling data collection for ground-dwelling spiders in artificial forest gaps. *Arachnologische Mitteilungen* 58: 23–28.
- Bali L., Kiss K. I. és Tuba K. 2019c: A Hidegvíz-völgy erdőrezervátum talajfelszín közeli pók-együtteseinek jellemzése. *Növényvédelem* 80(9): 385–391.
- Barton Zs. 1997: A Börzsöny bükkösein volt az évszázad legsúlyosabb erdőkárosodása. *Erdészeti Lapok* 132(10): 304–304.
- Bedő A. 1888: Erdő-őr vagy az erdészet alapvonalai kérdésekben és feleletekben. Magyar Királyi Államnyomda, Budapest, 158–161.
- Bedő A. 1892: Az erdőt pusztító apácarovarról. *Erdészeti Lapok* 31(3): 137–156.
- Belházy J. 1885: Az erdeifenyő csemeték tűhullatásáról. *Erdészeti Lapok* 24(2): 109–118.
- Benedek P. 1969: Causes of the Collapse of a *Dendrolimus pini* outbreak. *Acta Phytologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 4: 305–311.
- Berki I. 1991a: A tápelemhiány szerepe a tölgypusztulásban Észak-Magyarországon. *Környezet és Fejlődés* (6–7): 85–88.
- Berki I. 1991b: Eichensterben in Nordungarn. Die Rolle des Nährstoffmangels. *Allgemeine Forstzeitschrift* 46(2): 74–78.
- Berki I. 1992: Az aszály szerepe a magyarországi tölgypusztulásban. *Debreceni Szemle* 1(1): 103–108.
- Berki I., Móricz N., Rasztovits E., Gulyás K., Garamszegi B., Horváth A., Balázs P. és Lakatos B. 2018: Fapusztulás és gyorsuló növekedés kocsánytalan tölgyeseinkben. *Erdészettudományi Közlemények* 8(1): 119–130.
- Berki I., Rasztovits E. és Móricz N. 2014: Erdőállományok egészségi állapotának értékelése – egy új megközelítés. *Erdészettudományi Közlemények* 4(2): 149–155.
- Berki I., Rasztovits E., Móricz N. and Mátyás Cs. 2009: Determination of the drought tolerance limit of beech forests and forecasting their future distribution in Hungary. *Cereal Research Communications* 37: 613–616.

- Biber K., Prenner J. és Sántha I. 1978: Integrált védekezés a fenyőilonca (*Rhyacionia/Evetria buoliana*) ellen. *Növényvédelem* 14(5): 196–202.
- Blank S. M., Hara H., Mikulás J., Csóka Gy., Ciornei C., Constantineanu R., Constantineanu I., Roller L., Altenhofer E., Huflejt T. and Véték G. 2010: *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae): An East Asian pest of elms (*Ulmus* spp.) invading Europe. *European Journal of Entomology* 107: 357–367.
- Bohár Gy. 1993: Kocsánytalan és kocsányos tölgyeseink leromlásos pusztulásában szerepet játszó mikrogombák vizsgálata, különös tekintettel a *Ceratocystis* és *Ophiostoma* fajokra. Kandidátusi értekezés, Erdészeti Tudományos Intézet, Budapest.
- Bokor R. 1927: A lombfák újabb veszedelmes betegsége. *Erdészeti Lapok* 66(5): 221–224.
- Bokor R. 1943: A mykorrhiza-kérdés erdőgazdasági vonatkozása. *Erdészeti Lapok* 82(8): 355–360.
- Bokor R. 1954: A Mykorrhiza-gombákkal történő talajoltások új agrotechnikai eljárása. *Erdészeti Kutatások* 1954(4): 27–45.
- Bokor R. 1956: A Mykorrhiza-gombák által termelt antibiotikumok hatása egyes fenyőfélék magjának csírázására. *Erdészeti Kutatások* 3(1): 67–79.
- Bokor R. 1959a: Vizsgálatok az erdei- és feketefenyő csemeték mesterséges mykorrhizálása terén többgombás (komplex) tiszta tenyészetekkel. *Erdészeti Kutatások* 6(1–2): 355–388.
- Bokor R. 1959b: A Mykorrhiza-gombák növekedése és a tápláló közeg reakciója közötti kölcsönhatások vizsgálata. *Erdészeti Kutatások* 6(1–2): 389–394.
- Borovics A. and Mátyás Cs. 2013: Decline of genetic diversity of sessile oak at the retracting (xeric) limits. *Annals of Forest Science* 70: 835–844
- Brasier C. M. 1991: *Ophiostoma novo-ulmi* sp. nov., causative agent of current Dutch elm disease pandemics. *Mycopathologia* 115: 151–161.
- Brasier C. M. 2000: Intercontinental spread and continuing evolution of the Dutch elm disease pathogens. In: Dunn C. P. (ed.): *The elms: Breeding, conservation and disease management*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 61–72. o.
- Buhroo A. A. and Lakatos F. 2011: Molecular and morphological diagnostic markers for the Himalayan *Ips* DeGeer species (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Zootaxa* 3128: 47–57.
- Capretti P. and Battisti A. 2007: Water stress and insect defoliation promote the colonization of *Quercus cerris* by the fungus *Biscogniauxia mediterranea*. *Forest Pathology* 37(2): 129–135.
- Chen L., Boka B., Kedves O. et al. 2019: Towards the biological control of devastating forest pathogens from the genus *Armillaria*. *Forests* 10: 1013
- Cseke K., Jobb Sz., Koltay A. és Borovics A. 2014: A tölgypusztulás genetikai szerkezetre gyakorolt hatása. *Erdészettudományi Közlemények* 4(2): 135–147.
- Csépányi P., Magassy E., Kontor Cs., Szabó Cs., Szentpéteri S., Németh R., Némegy Z., Müller Sz., Szabó M., Kovács A., Szenthe G., Limp G., Ocsovai Z., Brandhuber Á., Farkas V. és Petrik J. 2017: A 2014. decemberi jégkár okai és következményei a Pilisi Parkerdő Zrt. által kezelt erdőállományokra. *Erdészettudományi Közlemények* 7(1): 25–41.
- Csóka Gy. 1988a: A fenyőpohók (*Dendrolimus pini* L.) károsítás hatása fiatal erdőfenyves növekedésére. *Erdészeti Kutatások* 80–81: 161–165.
- Csóka Gy. 1988b: A *Dendrolimus pini* L. (Lepidoptera: Lasiocampidae) magyarországi életmódja és kártétele. *Erdészeti Kutatások* 80–81: 306–309.
- Csóka Gy. 1991: Der Einfluss der Schadenerregung des Kieferspinners (*Dendrolimus pini* L.) auf das Wachstum eines Kiefernjungbestände. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 64: 148–150.

- Csóka Gy. 1995: Lepkehernyók. Agroinform, Budapest, 151.o.
- Csóka Gy. 1996: Aszályos évek – fokozódó rovarkárok erdeinkben. *Növényvédelem* 32(11): 545–551.
- Csóka Gy. 1997a: Increased insect damage in Hungarian forests under drought impact. *Biologia* 52(2): 159–162.
- Csóka Gy. 1997b: Gubacsok – Plant galls. Agroinform, Budapest, 160 o.
- Csóka Gy. 2001: Recent invasions of five species of leafmining lepidoptera in Hungary. Liebhold A. M., McManus M. L., Ötvös I. S. and Fosbroke S. L. C (eds.): Proceedings „Integrated Management of Forest Defoliating Insects”. USDA General Technical Reports NE-277 31–36. o.
- Csóka Gy. 2003: Levélaknák és levélaknázók – Leaf mines and leaf miners. Agroinform, Budapest, 192 o.
- Csóka Gy. 2006: Az akác-gubacsszúnyog (*Obolodiplosis robiniae* (Haldeman 1847)) megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem* 42(12): 663–664.
- Csóka Gy. 2022: Az erdővédelem aktuális kihívásai Magyarországon. *Növényvédelem* 58(4): 141–148.
- Csóka Gy. és Hirka A. 2009: A gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) legutóbbi tömegszaporodása Magyarországon. *Növényvédelem* 45(4): 196–201.
- Csóka Gy. és Hirka A. 2017: A változások jelei – A klímaváltozáshoz alkalmazkodó erdőgazdálkodás kihívásai I. *Erdészeti Lapok* 152(4): 104–105.
- Csóka Gy., Hirka A., Csepelényi M., Szócs L., Molnár M., Tuba K., Hillebrand R. és Lakatos F. 2018b: Erdei rovarok reakciói a klímaváltozásra (Esettanulmányok). *Erdészettudományi Közlemények* 8(1): 149–162.
- Csóka Gy., Hirka A. és Csiky Zs. 2002: Az erdővédelem magyarországi szakirodalma (1792–2000) Agroinform Kiadó, Budapest, (CD-ROM).
- Csóka Gy., Hirka A. és Koltay A. 2021: 60 éves az Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztálya. *Növényvédelem* 82(1): 1–6.
- Csóka Gy., Hirka A., Mutun S., Glavendekic M., Mikó Á., Szócs L., Paulin M., Eötvös Cs. B., Gáspár Cs., Csepelényi M., Szénási Á., Franjevic M., Gninenko Y., Dautbašić M., Mujezinovic O., Zúbrik M., Netoiu C., Buzatu A., Balacenoiu F., Jurc M., Jurc D., Bernardinelli I., Streito J.C., Avtzis D. and Hrašovec B. 2019: Spread and potential host range of the invasive oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832) – Heteroptera: Tingidae] in Eurasia. *Agricultural and Forest Entomology* 22(1): 61–74.
- Csóka Gy., Hirka A. és Somlyai M. 2013: A tölgy csipkésposloska (*Corythucha arcuata* Say, 1832 – Hemiptera, Tingidae) első észlelése Magyarországon. *Növényvédelem* 49(7): 293–296.
- Csóka Gy., Hirka A. és Szócs L. 2012: Rovarglobalizáció a magyar erdőkben. *Erdészettudományi Közlemények* 2: 187–198.
- Csóka Gy., Hirka A., Szócs L. és Hajek A. E. 2014: A rovarpatogén *Entomophaga maimaiga* Humber, Shimazu and Soper (Entomophthorales: Entomophthoraceae) gomba megjelenése magyarországi gyapjaslepke (*Lymantria dispar*) populációkban. *Növényvédelem* 50(6): 257–262.
- Csóka Gy., Hirka A., Szócs L., Mórnicz N., Rasztovits E. and Pödör Z. 2018a: Weather-dependent fluctuations in the abundance of the oak processionary moth, *Thaumetopoea processionea* (Lepidoptera: Notodontidae). *European Journal of Entomology* 115: 249–255.
- Csóka Gy., Koltay A., Hirka A. és Janik G. 2007: Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyeseink és bükköseink egészségi állapotára. In: Mátyás Cs. és Víg P. (szerk.) 2007: Erdő és klíma V. kötet, Sopron, 229–239. o.

- Csóka Gy., Koltay A., Hirka A. és Janik G. 2009: Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyeseink és bükköseink egészségi állapotára. Klíma-21 füzetek 57: 64–73.
- Csóka Gy. és Kovács T. 1999: Xilofág rovarok – Xylophagous insects. Agroinform, Budapest, 189. o.
- Csóka Gy. és Lakatos F. (szerk.) 2014: A holtfa. *Silva naturalis* Vol. 5., Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, 262 o.
- Csóka Gy., Lakatos F. és Hirka A. 2010: Szemelvények a magyar erdészeti rovartan történetéből. *Növényvédelem* 46(12): 654–666.
- Csóka Gy., Leskó K. és Ambrus A. 1989: A *Dendrolimus pini* L. (Lepidoptera. Lasiocampidae) magyarországi életmódja és kártétele. *Növényvédelem* 25(2): 61–65.
- Csóka Gy., Pödör Z., Nagy Gy. and Hirka A. 2015: Canopy recovery of pedunculate oak, Turkey oak and beech trees after severe defoliation by gypsy moth (*Lymantria dispar*): Case study from Western Hungary. *Forestry Journal* (Lesnicki Casopis) 61: 143–148.
- Csóka Gy., Stone G. N. and Melika G. 2017: Non-native gall-inducing insects on forest trees: a global review. *Biological Invasions* 19: 3161–3181.
- Csóka Gy., Wittmann F. és Melika G. 2009: A szelídgesztenye gubacsdarázs (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu 1951) megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem* 45(7): 359–360.
- Dankó G. 1952: Pusztítsuk az amerikai szövőlepkét. *Erdőgazdaság* 6(5): 10.
- Demeter L., Molnár Á., Horváth F., Molnár Zs., Öllerer K., Vadász Cs. és Csóka Gy. 2021: 100 év kudarc a kocsányos tölgyesek természetes felújulásában – Új elmélet a tölglylisztharmat szerepéről. *Erdészeti Lapok* 156(4): 8–11.
- Demeter L., Molnár Á. P., Öllerer K., Csóka Gy., Kiš A., Vadász Cs., Horváth F. and Molnár Zs. 2021: Rethinking the natural regeneration failure of pedunculate oak: The pathogen mildew hypothesis. *Biological Conservation* 253 (2021) 108928
- Dercsényi K. 1890: A fenyő bétörny (*Blastophagus piniperda*) károsításairól. *Erdészeti Lapok* 29(10): 705–714.
- Domingue M. J., Csóka Gy., Tóth M., Vétek G., Péntes B., Mastro V. and Baker T. C. 2011: Field observations of visual attraction of three European oak buprestid beetles toward conspecific and heterospecific models. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 140(2): 112–121.
- Domingue M. J., Imrei Z., Lelito J. P., Muskovits J., Janik G., Csóka Gy., Mastro V.C. and Baker T. C. 2013: Trapping of European buprestid beetles in oak forests using visual and olfactory cues. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 1481(2): 116–119.
- Domingue M. J., Lelito J., Myrick A. J., Csóka Gy., Szócs L., Imrei Z. and Baker T. C. 2016: Differences in spectral selectivity between stages of visually guided mating approaches in a buprestid beetle. *Journal of Experimental Biology* 219: 2837–2843.
- Domokos G. 2021: Új elmélet – régi gyakorlat. *Erdészeti Lapok* 156(7–8): 13.
- Dulinafka Gy., Darvas B., Dezséry M., Gyulai P., Mező G. and Szalay-Marzsó L. 1983: Control of European Pine sawfly (*Neodiprion Sertifer* Geoffr.) with nuclear polyhedrosis virus. In: Darvas B., Tóth M. és Vajna L. (szerk): Proceedings of the International Conference on Integrated Plant Protection. Budapest (1983.07.04–09. Kertészeti Egyetem Nyomda, 7–10.
- Éötvös C. B., Hirka A., Gimesi L., Lövei G. L., Gáspár C. and Csóka G. 2021: No Long-Term Decrease in Caterpillar Availability for Invertivorous Birds in Deciduous Forests in Hungary. *Forests* 2021, 12, 1070.
- Erdődi A. 1866: Tölgyeseink aranyszagáról – a gubacsról. *Erdészeti és Gazdászati Lapok* 5(10): 433–438.

- Erwin D. C. and Ribeiro O. K. 1996: *Phytophthora* Diseases Worldwide. APS Press, St. Paul, MN, USA.
- Eszes F. és Igmándy Z. 1978: Az akác csövestaplói. Mikológiai Közlemények 17(1–2): 18–20.
- Érsek T. 2009: *Phytophthora*: Még újabb fajok a nemzetségben. Növényvédelem 45(2): 57–62.
- Érsek T. and Nagy Z. Á. 2008: Species hybrids in the genus *Phytophthora* with emphasis on the alder pathogen *Phytophthora alni*: a review. European Journal of Plant Pathology 122: 31–39.
- Érsek T., Nagy Z. Á. és Bakonyi J. 2006: Az elmúlt évtizedben azonosított új *Phytophthora* fajok. Növényvédelem 42(11): 621–628.
- Fehér D. 1923a: Újabb adatok a tölgylisztharmit peritheciumainak hazánkban való előfordulásához. Erdészeti Lapok 62(11): 344–345.
- Fehér D. 1923b: Über das Vorkommen der Perithezien des Eichenmehltaupiltzes auf dem Gebiete des heutigen Ungarns. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz 49: 10–12.
- Fekete L. 1876: Árt-e a fenyőszű? Erdészeti Lapok 15(11): 576–585.
- Fekete L. 1877: Az erdővédelem körvonalai. Joerges Ágoston özvegye, Selmechánya, 57 o.
- Fekete L. 1878: Erdészeti rovartan. Joerges Ágoston özvegye, Selmechánya, 344 o.
- Fekete L., Székely M. és Bedő A. 1877: Az Országos Erdészeti Egyesület véleménye a fenyőszű (*Bostrychus typographus*) ártalmasságáról. Erdészeti Lapok 16(11): 631–634.
- Fiala T., Holuša J., Procházka J., Cizek L., Dzurenko M., Foit J., Galko J., Kasák J., Kulfan J., Lakatos F., Nakládál O., Schlaghamersky J., Svatos M., Trombik J., Zábansky P., Zach P. and Kula E. 2020: *Xylosandrus germanus* in Central Europe: Spread into and within the Czech Republic. Journal of Applied Entomology 144: 423–433.
- Fodor S. 1972: Védekezési lehetőségek az erdefenyő magtermelő ültetvények tobozkártevői ellen. Erdészeti Kutatások 68(1): 131–135.
- Fodor S. 1973: Az erdefenyő tobozt károsító rovarok elleni vegyszeres védekezési kísérlet első eredményei. Az Erdő 22(6): 279–282.
- Fodor S. 1975: Vegyszeres védekezési kísérlet a fenyőilonca (*Rhyacionia buoliana* Schiff.) ellen. Növényvédelem 11(2): 64–69.
- Fodor S. 1977: Adatok a fenyőilonca (*Rhyacionia buoliana* Schiff.) kárképeinek és kártételének ismeretéhez. Növényvédelem 13(9): 424–427.
- Fodor S. 1986: Új adatok a nagy fenyőormányos (*Hylobius abietis* L.) életmódjának ismeretéhez és a károsító elleni védekezés lehetőségei. Erdészeti Kutatások 78: 363–368.
- Fodor S. és Halmágyi L. 1978: Dimilin és két juvenoid felhasználása a fenyőilonca (*Rhyacionia buoliana* Den. & Schiff.) ellen. Növényvédelem 14(7): 307–310.
- Fodor S. és Takács I. 1981: Fenyőilonca elleni vegyszeres védekezés. Agrártudományi Közlemények 40(2–4): 371–373.
- Folcz T. 1990: Éghajlati tényezők hatása a nyár kéregfekély járvány kialakulásában. Az Erdő 39(4): 167–174.
- Frank T., Ódor P. és Csóka Gy. (szerk.) 2022: Habitat-fák és holtfa az erdőben. OEE Szaktudás Füzetek 1. Az Erdészeti Lapok tematikus különszáma, Budapest, 40 o.
- Führer E. 1995: Az időjárás változásának hatása az erdő fatermő képességére és egészségi állapotára. Erdészeti Lapok 130(6): 176–178.
- Gál T. és Eke I. 1977: Szexuálattraktáns és fénycsapda kombinációja a fenyőilonca rajzásmenetének vizsgálatában. Az Erdő 26(7): 325–327.

- Gálos B., Lorenz Ph. and Jacob D. 2007: Will dry events occur more often in Hungary in the future? *Environmental Research Letters* 2(3): 034006.
- Georgiev G., Mirchev P., Rossnev B., Petkov P., Georgieva M., Pilarska D., Golemansky V., Pilarski P. and Hubenov Z. 2013: Potential of *Entomophaga maimaiga* for suppressing *Lymantaria dispar* outbreaks in Bulgaria. *Comptes rendus de l'Academie Bulgare des Sciences* 66(7): 1025–1032.
- Gergác J. 1967: *Marssonia* károsítás nyáron. *Az Erdő* 16(7): 304–308.
- Gergác J. 1969: A nyár szaporítóanyag védelme. *Az Erdő* 18(7): 295–298.
- Gergác J. 1974: Rezisztenciára nemesítés eredményei a nyár klónkísérletekben. *Az Erdő* 23(12): 557–559.
- Gergác J. 1978: Az Aigeiros nyárok rezisztenciára nemesítésének lehetőségei. *Agrártudományi Közlemények* 37: 271–274.
- Gergác J. 1980: Ökológiai tényezők szerepe a nyár állományok kéregmegbetegedésében. *Erdészeti Kutatások* 73(1): 169–175.
- Gergác J. 1983: A tölgylisztharmat (*Microsphaera quercina* (Schw.) Burr.) elleni védekezés lehetőségei. *Erdészeti Kutatások* 75: 227–234.
- Gergác J. és Kiss L. 1985: A tölgylisztharmat elleni védekezés tapasztalatai. *Az Erdő* 34(8): 355–358.
- Göde Gy. 1969: Figyelmeztető rovarfertőzések a kiskunsági fenyőfiatalosokban. *Az Erdő* 18(4): 169–172.
- Green C. E. and Guries R. P. 1985: Early screening of elms for resistance to *Ceratocystis ulmi*. *Plant Disease* 69: 60–63.
- Györfi J. 1939: Adatok a fürkészarazsak erdészeti jelentőségéhez. *Erdészeti Kísérletek* 41(1–4): 117–235.
- Györfi J. 1941a: Revision der paläarktischen Arten der Gattung *Sympiesis* Först. *Erdészeti Kutatások* 43(1-2): 125–134.
- Györfi J. 1941b: Adatok Magyarország gyilkos fürkészarazs-féléinek (Fam. Braconidae) ismeretéhez. *Folia Entomologica Hungarica* 6(3-4): 88–94.
- Györfi J. 1941c: Die Ephialtesarten Ungarns. *Erdészeti Kísérletek* 43(2): 242–249.
- Györfi J. 1941d: Magyarország *Ephialtes* fajai. *Erdészeti Kísérletek* 43(3–4): 236–241.
- Györfi J. 1941e: Magyarországi szű-félék rovarrellenségei. *Erdészeti Kísérletek* 43(1–2): 32–60.
- Györfi J. 1942: Fürkészarazs kutatásaim eredménye, különös tekintettel a mellékgazda kérdésre. *Erdészeti Kísérletek* 44(1–4): 1–89.
- Györfi J. 1944a: Ökológiai vizsgálatok a Hymenoptera életéből. *Erdészeti Kísérletek* 45(1–4): 1–33.
- Györfi J. 1944b: A *Fomes annosus* Fries. károsítása a soproni botanikus kertben. *Erdészeti Kísérletek* 45(1–4): 71–77.
- Györfi J. 1946: Magyarország díszbogár- és cincérféléinek élősködő darazsai. *Erdészeti Kísérletek* 46(1–4): 167–212.
- Györfi J. 1947: Vegyeskorú és egyes állományok erdővédelmi jelentősége. *Erdészeti Kísérletek* 47(1–4): 87–132.
- Györfi J. 1948a: A rovardúlások oka és keletkezése. *Erdőgazdaság* 2(17): 13–14.
- Györfi J. 1948b: A rovardúlások oka és keletkezése. *Erdőgazdaság* 2(18): 4–6.
- Györfi J. 1950a: Erdészeti állattan. Agrártudományi Egyetem Erdő- és Földmérőmérnöki Kar, Sopron, 122 o.

- Győrfi J. 1950b: Erdészeti növénykórtan. Műszaki Egyetem Erdő- és Földmérőmérnöki Kar, Sopron, 147 o.
- Győrfi J. 1950c: Erdészeti rovartan. Műszaki Egyetem Erdő- és Földmérőmérnöki Kar, Sopron, 172 o.
- Győrfi J. 1950d: Szúrkárosítás a hazai lucfenyvesekben. Agrártudományi Egyetem Erdőmérnöki Karának Évkönyve 1(1): 383–400.
- Győrfi J. 1952: Nyárasaink újabb betegségei. Az Erdő 1(2): 153–155.
- Győrfi J. 1953: A feketefenyő állományok pusztulásának okai. A növényvédelem időszerű kérdései. 2: 19–24.
- Győrfi J. 1954a: A feketefenyő száradásának rovarantani okai. Erdészeti Kutatások 1: 55–63.
- Győrfi J. 1954b: Fenyőtoboz- és fenyőmagkárosítók és azok parazitái. Tudományok doktora értekezés, Budapest, 97. o.
- Győrfi J. 1954c: Az *Ips typographus* magyarországi károsítása 1946–52-ben. ERTI Évkönyv 2: 164–182.
- Győrfi J. 1954d: A nyárkéreghalál és a nyárfarák magyarországi károsítása. Erdészeti Kutatások 3: 105–114.
- Győrfi J. 1954e: *Hypphantria cunea* Drury. ERTI Évkönyv 2: 183–198.
- Győrfi J. 1955: Az *Evetria buoliana* Schiff. károsítása, mint újabb erdővédelmi probléma. MTA Agrártudományi Közlemények 8(1–2): 75–78.
- Győrfi J. 1957a: Erdészeti rovartan. Akadémiai Kiadó, Budapest, 670 o.
- Győrfi J. 1957b: A fenyőilonca (*Evetria buoliana* Schiff.) és kártétele. Az Erdő 6(4): 152–155.
- Győrfi J. 1963: Erdővédelemtan. Akadémiai Kiadó, Budapest, 698 o.
- Hajek A. E., Butler L., Liebherr J. K. and Wheeler M. M. 2000: Risk of infection by the fungal pathogen *Entomophaga maimaiga* among Lepidoptera on the forest floor. Environmental Entomology 29(3): 645–650.
- Hajek A. E., Strazanac J. S., Wheeler M. M., Vermeylen F. M. and Butler L. 2004: Persistence of the fungal pathogen *Entomophaga maimaiga* and its impact on native Lymantriidae. Biological Control 30: 466–473.
- Halmágyi L. és Szalay-Marzsó L. 1982: Helikopteres kísérletek erdővédelmi és zoológiai eredményei. Állattani Közlemények 69: 99–105.
- Halupáné Grósz Zs., Szőnyi L. and Ujváriné Jármay É. 1974: Main pulping characteristics of Scots and Austrian pine damaged by *Rhyacionia buoliana* Schiff. Erdészeti Kutatások 70(2): 53–64.
- Halupáné Grósz Zs., Szőnyi L. és Ujváriné Jármay É. 1975: Egészséges és *Evetria* károsított fiatal erdei és feketefenyők főbb papíripari mutatói. Az Erdő 24(1): 36–40.
- Hangyálné Balul W. 1973: Erdeifenyő és feketefenyő csírcsemeték dőléses betegségei. Egyetemi doktori értekezés, Erdészeti Tudományos Intézet, Mátrafüred, 124 o.
- Hangyálné Balul W. 1975: A fenyő gyökérrontó taplógomba (*Fomes annosus* (Fr.) Ch.) hatása a Felsőriszai EFAG nyírbéltéki erdészete területén lévő erdeifenyő állományok egészségi állapotára. Mikológiai Közlemények 14: 65–68.
- Hangyálné Balul W., Gergác J. és Kiss L. 1980: Fenyőcsemete-dőlés elleni védelem a korszerű csemetetermelésben. Erdészeti Kutatások 73(1): 197–197.
- Haracsi L. 1944: Megfigyelések az erdei rovarok kártételének megítéléséhez. Erdészeti Lapok 83(4): 150–163.
- Haracsi L. 1953: Erdővédelemtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 175 o.
- Haracsi L. 1967: Rovartan. Egyetemi jegyzet, EFE EMK, Sopron.
- Haracsi L. 1969: Erdészeti növénykórtan. Akadémiai Kiadó, Budapest, 316 o.

- Harmat B., Kondorosy E. és Rédei D. 2006: A nyugati levéllábú karimáspoloska (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann) első magyarországi megjelenése (Heteroptera: Coreidae). Növényvédelem 42(9): 491–494.
- Hegedűs P. és Fodor S. 1987: Biológiai védekezési lehetőségek a NyFK területén *Hylobius abietis* ellen. Erdészeti Kutatások 79: 125–126.
- Hegedűs P., Koltay A. és Sashalmi M. 1996: Szegélyvédelem a gyökérrontó tapló ellen. Erdészeti Lapok 131(9): 277–277.
- Hillebrand R. 2020: A gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) fejlődésmenete különböző tápnövényeken és különböző abiotikus környezeti tényezők között. PhD értekezés, Soproni Egyetem, Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola, 156 o.
- Hillebrand R. és Tuba K. 2013: Különböző tápnövényről származó gyapjaslepke (*Lymantria dispar*) populációk fejlődésmenete Pannónia nyáron. Növényvédelem 49(3): 101–109.
- Hirka A. (szerk.) (2010–2017): Prognózis füzetek. Pl.: A 2010 évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2011-ben várható károsítások. Erdészeti Tudományos Intézet, NÉBIH Erdészeti Igazgatóság
- Hirka A. és Csóka Gy. 2010a: Abiotikus károk Magyarország erdeiben. Növényvédelem 46(11): 513–517.
- Hirka A. és Csóka Gy. 2010b: Kevésbé ismert lombfogyasztó rovarok tömeges megjelenése hazai nemesnyár-ültetvényeken. Növényvédelem 46(11): 529–531.
- Hirka A. és Csóka Gy. 2021: 90 éve született Tallós Pál – Egy tragikusan rövid életű polihisztor. Erdészeti Lapok 156(3): 106–107.
- Hirka A., Koltay A., Csóka Gy. és Janik G. 2008: Az akác biotikus és abiotikus kárai. Az Erdészeti kutatások digitális, ünnepi különszáma az OEE 139. Vándorgyűlésének tiszteletére. Cikkgyűjtemény, 281–300.
- Hirka A., Pödör Z., Garamszegi B. és Csóka Gy. 2018: A magyarországi erdei aszálykárok félszázados trendjei. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 11–25.
- Hirka A., Szabóky Cs., Szócs L. és Csóka Gy. 2011: Az Erdészeti Fénycsapda Hálózat 50 éve. Növényvédelem 47(11): 474–479.
- Hlásny T., Mátyás Cs., Seidl R., Kulla L., Merganicova K., Trombik J., Dobor L., Barcza Z. and Konopka B. 2014: Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the options for adaptation? Lesnivé Casopis – Forestry Journal 60: 5–18.
- Homonnay F. 1969a: A *Melolontha melolontha* L. hároméves fejlődése és az egyes lárvastádiumok időtartamában mutatkozó különbségek. A növényvédelem korszerűsítése 3: 97–105.
- Homonnay F. 1969b: A *Melolontha melolontha* L. lárva vedléseinek és bábozódásának fázisai. A lárva mozgástechnikája a talajban. Folia Entomologica Hungarica 22: 439–445.
- Homonnay F. és Homonnayné Csehi É. 1970: Az erdei cserebogár (*Melolontha hippocastani* F.) és hazai fejlődéstörténetének rövid ismertetése. Növényvédelem 6(12): 539–545.
- Hrobáts J. 1930: Amerikai védekezés az *Ocneria dispar* ellen. Erdészeti Lapok 69(9): 418–422.
- Igmándy Z. 1953: A fenyőcsemetedőlés. Az Erdő 2(2): 190–194.
- Igmándy Z. 1961: Az akác (*Robinia pseudoacacia* L.) tőkorhasztó gombája: a kőristapló (*Fomes fraxineus* Fr. Cooke). Erdészettudományi Közlemények (1): 69–77.
- Igmándy Z. 1964: Bükköseink farontó taplógombái. Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei (1): 101–107.

- Igmándy Z. 1972: A tölgylisztharmat (*Microsphaera quercina* (Schw.) Burr) elleni védekezés hatása a tölgycsemeték növekedésére. Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei (1–2): 67–74.
- Igmándy Z. 1985: A kocsánytalan tölgy pusztulása Magyarországon. Magyar Tudomány (6): 456–459.
- Igmándy Z. 1987: Die Welkeepidemie von *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. in Ungarn (1978 bis 1986). Österreichische Forstzeitung 98: 48–50.
- Igmándy Z. 1991: A magyar erdők taplógombái. Akadémiai Kiadó, Budapest, 113.o.
- Igmándy Z., Béky A., Pagony H., Szontagh P. és Varga F. 1986: A kocsánytalan tölgypusztulás helyzete hazánkban 1985-ben. Az Erdő 35(6): 255–259.
- Igmándy Z., Béky A., Pagony H., Szontagh P. és Varga F. 1987: A kocsánytalan tölgy hervadásos betegségének helyzete 1986-ban. Az Erdő 36(7): 311–314.
- Igmándy Z., Pagony H., Szontagh P. és Varga F. 1984: Beszámoló a kocsánytalan tölgyeseinkben fellépett pusztulásról 1978–1983. Az Erdő 33(8): 334–341.
- Igmándy Z., Pagony H., Szontagh P. és Varga F. 1985: A kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* Matt./Lieb.) pusztulása hazánkban. Növényvédelem 21(7): 311.
- Imrei Z., Lohonyai Zs., Csóka Gy., Muskovits J., Szanyi Sz., Vétek G., Fail J., Tóth M. and Domingue M. J. 2020a: Improving trapping methods for buprestid beetles to enhance monitoring of native and invasive species. Forestry 93(2): 254–264.
- Imrei Z., Lohonyai Zs., Muskovits J., Matula E., Vuts J., Fail J., Gould P. J. L., Birkett M., Tóth M. and Domingue M. J. 2020b: Developing a non-sticky trap design for monitoring jewel beetles. Journal of Applied Entomology 144(3): 224–231.
- Imrei Z., Matula E., Lohonyai Zs., Csóka Gy., Muskovits J., Szanyi Sz., Vétek G., Bozsik G., Fail J., Vuts J., Domingue M. J. and Tóth M. 2021: Csapdázási módszerfejlesztés honos és inváziós díszbogárfajok rajzáskövetésére. Növényvédelem 82(3): 113–132.
- Inántszy F. és Lakatos T. (szerk.) 2004: Biológiai növényvédelem: A rovarpatogén fonálféreg gyakorlati alkalmazásának lehetőségei. Újfehértói Gyümölcsstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Kht., Újfehértó.
- Istvánffy Gy. 1891: A rovarölő gombák és az apácahernyó. Természettudományi Közlöny 23: 514–524.
- Jakucs P. 1987: Új típusú erdőkárók és tennivalók. Erdészeti Kutatások 79: 229–232.
- Jakucs P. und Babos K. 1988: Lokale industrielle Emission und Waldschäden in Nordungarn. 4. Jahrringbreiten und Tracheenverstopfungen von gesunden und erkrankten *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Stämmen. Acta Botanica Hungarica 34(1–2): 51–64.
- Jakucs P., Berki I., Holes L. und Tóthmérész B. 1988: Lokale industrielle Emission und Waldschäden in Nordungarn. 1. Problemstellung, Ausgangshypothese und zusammenfassende Werung. Acta Botanica Hungarica 34(1–2): 11–24.
- Janik G., Hirka A., Koltay A., Juhász J. és Csóka Gy. 2015: 50 év biotikus kárai a magyar bükkösökben. Erdészettudományi Közlemények 6(1): 45–60.
- Janik G., Pödör Z., Koltay A., Hirka A., Juhász J., Kovács Gy. and Csóka Gy. 2020: Effects of meteorological and site parameters on the health status of beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in Hungary. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 16(2): 67–78.
- Jósvai J., Tóth M. és Voigt E. 2013: A gesztenye-(tölgymakk) moly (*Cydia triangulella* Goeze, 1783 – Lepidoptera: Tortricidae) rajzásának megfigyelése feromoncsapdával. Növényvédelem 49(7): 305–308.

- Jurc D. and Ogris N. 2006: First reported outbreak of charcoal disease caused by *Biscogniauxia mediterranea* on Turkey oak in Slovenia. *Plant Pathology* 55: 299.
- Kedves O., Shahab D., Champramary S., Chen L., Indic B., Bóka B., Nagy V. D., Vágvölgyi C., Kredics L. and Sipos G. 2021: Epidemiology, Biotic Interactions and Biological Control of Armillarioids in the Northern Hemisphere. *Pathogens* 2021, 10, 76.
- Kelle A. 1935: A mezei szil betegségének elsődleges oka. *Erdészeti Lapok* 74(6): 572–573.
- Kenderes K., Aszalós R., Ruff J., Barton Zs. and Standovár T. 2007: Effects of topography and tree stand characteristics on susceptibility of forests to natural disturbances (ice and wind) in the Börzsöny Mountains (Hungary). *Community Ecology* 8(2): 209–20.
- Kiss F. 1890: Az akácfa pajzstetűről. *Erdészeti Lapok* 29(6): 378–387.
- Kiss F. 1892: Újabb észleletek az akácfa pajzstetűjéről. *Erdészeti Lapok* 31(1): 20–22.
- Kiss L. 1966: A *Hyllobius abietis* L. károsítása és az ellene való védekezés. *Erdészeti Kutatások* 62(1–3): 279–283.
- Kiss L. 1975: A tölgylisztharmat erdővédelmi vonatkozásai. *Növényvédelem* 11(2): 81–83.
- Kiss L. 1978: Tájékoztató jellegű vizsgálatok Afugan-nal tölgylisztharmat ellen. *Az Erdő* 27(12): 537–540.
- Kiss L. és Pagony H. 1975: A gyökérrontó tapló (*Fomes annosus* (Fr.) Cooke) jelentősége a hazai fenyveseinkben. *Növényvédelem* 11(2): 72–74.
- Klapwijk M. J., Csóka Gy., Hirka A. and Björkman C. 2013: Forest insects and climate change: long-term trends in herbivore damage. *Ecology and Evolution* 3(12): 4183–4196.
- Klapwijk M. J., Walter J., Hirka A., Csóka Gy., Björkman C. and Liebhold A. M. 2018: Transient synchrony among populations of five foliage-feeding Lepidoptera. *Journal of Animal Ecology* 87: 1058–1068.
- Kollwenz Ö. 1967: A gyapjaspille károsításának gazdasági kihatása. *Az Erdő* 16(6): 267–272.
- Kollwenz Ö. 1969: A kárláncolatok hatása az erdő életére. *Az Erdő* 18(4): 159–161.
- Kolonits J. 1962: A *Diprion (Lophyrus) sertifer* és a *D. pini* károsítása 1961-ben. *Az Erdő* 11(5): 225–230.
- Kolonits J. 1965: A *Neodiprion sertifer* Geoffr. életmódja és károsítása hazánkban. *Erdészeti Kutatások* 61: 225–239.
- Kolonits J. 1966: Prognózis készítés a *Neodiprion sertifer* Geoffr. várható károsításáról. *Az Erdő* 15(4): 182–186.
- Kolonits J. 1968a: A fenyőrontó darázs (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) elleni védekezési eljárások. *Erdészeti Kutatások* 64(1–3): 249–259.
- Kolonits J. 1968b: Felkészülés a májusi cserebogár 1968. évi várható rajzására. *Az Erdő* 17(2): 81–83.
- Kolonits J. 1969: Talajtani védekezés a májusi cserebogár imágói ellen. *Az Erdő* 18(5): 218–220.
- Kolonits J. 1971: Szerves foszforkészítmények és újabb eljárások alkalmazása a cserebogár és álcája elleni védekezésben. *Az Erdő* 20(2): 88–91.
- Kolozs L (szerk.) 2009: Erdővédelmi Mérő- és Megfigyelő Rendszer 1988–2008. MGSZH, Központi Erdészeti Igazgatóság, Budapest.
- Koltay A. 1989: A gyökérrontó tapló (*Heterobasidion annosum* Fr. Bref) elleni biológiai védekezés nagyüzemi alkalmazásának eredményei. *Erdészeti Kutatások* 80–81: 300–302.
- Koltay A. 1990: A feketefenyő hajtáspusztulását okozó gomba, *Diplodia pinea* (Desm.) Kickx. (syn. *Sphaeropsis sapinea*) hazai előfordulása. *Növényvédelem* 26(10): 448–450.
- Koltay A. 1995: Abiotikus és biotikus tényezők szerepe a feketefenyő állományok pusztulásában. In: Tar K., Berki I. és Kiss Gy. (szerk.): *Erdő és klíma* I. kötet, Noszvaj, 236–240. o.

- Koltay A. 1999: A hazai fenyőállományok egészségi állapota. Erdészeti Lapok 134(1): 15–16.
- Koltay A. 2001: Az erdei- és a feketefenyő gombabetegségei – Képes határozó. Agroinform, Budapest. 90 o.
- Koltay A. 2002: A magyarországi feketefenyő hajtáspusztulás történeti áttekintése. Erdészeti Kutatások 90: 247–254.
- Koltay A. 2004: Erdővédelmi monitoring rendszerek Magyarországon. Erdészeti Lapok 139(9): 270–272.
- Koltay A. 2005: Előzetes vizsgálati eredmények a hazai mézgás éger (*Alnus glutinosa*) állományok *Phytophthora* okozta betegségéről. Erdészeti Kutatások 91: 107–114.
- Koltay A. 2020: Az európai erdők állapota az ICP Forests 2019. évi jelentése alapján. Erdészeti Lapok 155(11): 5–6.
- Koltay A. és Halász Á. 2017: *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'donnell – új fenyő kórokozó megjelenése Európában. Növényvédelem 53(6): 241–249.
- Koltay A., Illés G., Bakonyi J. in Nagy Z. Á. 2007: New Results of the Research on the Alder *Phytophthora* Disease in Hungarian Alder Stands. Acta Silvatica és Lignaria Hungarica, Special edition: Foliage, shoot and stem diseases of forest trees – Proceedings of the conference of IUFRO Working Party 7.02.02. 21–26 May, Sopron, Hungary, 209–214. o.
- Koltay A., Illés G., Bakonyi J. és Nagy Z. Á. 2009: A fitoftórás égerpusztulás erdészeti jelentősége. Növényvédelem 45(4): 169–167.
- Koltay A., Janik G., Nagy A., Lovász Á., Dudás B. és Reményfy R. 2012: Tömeges fenyőpusztulás a Mátrafüredi Erdészet területén. Erdészeti Lapok 147(10): 302–303.
- Koltay A., Szabó I. and Janik G. 2012: *Chalara fraxinea* Incidence in Hungarian Ash (*Fraxinus excelsior*) Forests. Journal of Agricultural Extension and Rural Development 4(9): 236–239.
- Koltay A., Szakács I. és Horváth A. 2013: Tömeges fenyőpusztulás a Keszthelyi-hegységben. Erdészeti Lapok 148(5): 145–148.
- Korda M. (szerk.) 2016: Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére – Tanulmánygyűjtemény. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság Budapest, 682 o.
- Kovács J., Lakatos F. and Szabó I. 2014: Occurrence and Diversity of Soilborne Phytophthoras in a Declining Black Walnut Stand in Hungary. Acta Silvatica és Lignaria Hungarica 9: 57–69.
- Kovács Z. és Lakatos F. 1999: Megfigyelések a vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria obridella* Deschka et Dimic 1986, Lep. Lithocolletidae) áttelelésével és egyedfejlődésével kapcsolatban. Növényvédelem 35(2): 57–59.
- Kovács Z. és Lakatos F. 2001: Honnan jöttél *Cameraria*? Növényvédelem 37(2): 71–72.
- Kovács Z., Stauffer C. és Lakatos F. 2000: A vadgesztenyelevél aknázómoly (*Cameraria obridella* Deschka et Dimic 1986, Lep., Lithocolletidae) európai elterjedésének genetikai vizsgálata. Növényvédelem 36(6): 288–290.
- Kovalski T. 2006: *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. Forest Pathology 36(4): 264–70.
- Kovácsik D. 1927: Az apácalepkének a legújabb időben véghezvitt katasztrófális pusztításai a csehországi erdőkben. Erdészeti Lapok 66: 393–401.
- Körtvély A. 1970: A gesztenye endotias kéregelhalása. Növényvédelem 6(8): 358–361.
- Kövessi F. 1910: A tölgyet pusztító lisztharmat-gombáról és az ellene való védekezésről. Erdészeti Lapok 49(9): 352–362.
- Kriston É., Bozsó M., Krizbai L., Csóka Gy. és Melika G. 2015: Klasszikus biológiai védekezés Magyarországon a szelídgesztenye gubacsdarázs (*Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu, 1951)) ellen: előzetes eredmények. Növényvédelem 51(10): 445–450.

- Kulfan M. 2012: Lepidoptera on the introduced *Robinia pseudoacacia* in Slovakia, Central Europe. Check List 8(4): 709–711.
- Lakatos F. 1991: Szúkárosítás és a bogarak elleni védekezés lucfenyvesekben. Erdészeti Lapok 126(7–8): 227–228.
- Lakatos F. 1992: A betűzőszú (*Ips typographus* L.) csapdázásának első eredményei. Növényvédelem 28(4): 159–162.
- Lakatos F. 1995: Szúkártétel lucosokban. In: Tóth J., Vajna L., Csóka P. és Varga F. (szerk.): Az erdők egészségi állapotának változása. MTA Erdészeti Bizottság, Budapest, 176–180.
- Lakatos F. 1997a: Szúkárosítások alakulása a Soproni-hegyvidéken. Erdészeti Lapok 132(10): 325–326.
- Lakatos F. 1997b: Lucfenyveseinkben fellépett szúkárosítás jellemzői és a jelenlegi állapot. Az ezredforduló erdő-, vad- és fagazdasága. MTA Agrártudományok Osztálya, Erdészeti Bizottság, Tudományos ülések összefoglalója, 87–88.
- Lakatos F. 1997c: Feromonos szúcsapdák alkalmazhatósága az erdészeti gyakorlatban. Növényvédelem 33(4): 165–172.
- Lakatos F. 1999a: Szúbogár feromonok összehasonlító vizsgálata. Növényvédelem 35(6): 253–256.
- Lakatos F. 1999b: Genetikai kutatások szúbogarakon. Növényvédelem 35(1): 32.
- Lakatos F. 2003: Hagyni vagy nem hagyni? avagy Gondolatok az elpusztult és/vagy kitermelt faanyag szerepéről a hazai fenyőerdőkben. Erdészeti Lapok 138(1): 12–13.
- Lakatos F. 2019: Honos, behurcolt és várható, a fatestben fejlődő szúfajok Magyarországon. Növényvédelem 55(12): 523–535.
- Lakatos F. és Csóka Gy. 2014: A holtfa és az erdő egészsége. In: Csóka Gy. és Lakatos F. (szerk.): A holtfa. Silva naturalis, Vol 5. 197–202.
- Lakatos F. és Kajimura H. 2007: Egy új szúfaj – *Xylosandrus germanus* (Blandford, 1894) – megjelenése hazánkban. Növényvédelem 43(8): 359–363.
- Lakatos F. és Kovács K. 2006: A Budafapusztai arborétumban fellépett szúkárosítás. Növényvédelem 42(1): 25–30.
- Lakatos F., Grodzki W., Zhang Q-H. and Stauffer C. 2007: Genetic comparison of *Ips duplicatus* (Sahlberg, 1836) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) populations from Europe and Asia. Journal of Forestry Research 12: 345–349.
- Lakatos F. and Molnár M. 2009: Mass Mortality of Beech (*Fagus sylvatica* L.) in South-West Hungary. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 5: 75–82.
- Lakatos F. és Szabó I. 2001: Fenyőféléken előforduló károsítók és kórokozók. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 77 o.
- Lakatos F. és Szabó I. 2002: Tölgyeken előforduló károsítók és kórokozók. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 61 o.
- Lakatos F. és Szabó I. 2005: Lágylombos fafajokon (nyárok, fűzek, égerék) előforduló károsítók és kórokozók. Szaktudás Kiadó Ház, 74 o.
- Lakatos F., Szabó I. and Kirisits T. 2008: First isolation and detection of ophiostomatid (blue stain) fungi on coniferous trees in Hungary. Acta Microbiologica és Immunologica Hungarica 55(2): 214–216.
- Lakatos F. and Tuba K. 2011: The use of pheromones in the Hungarian forest management. IOBC/wprs Bulletin 72: 15–21.

- Lakatos F., Tuba K., Bender B., Kajimura H. and Tóth V. 2022: Longer mtDNA Fragments Provide a Better Insight into the Genetic Diversity of the Sycamore Lace Bug, *Corythucha ciliata* (Say, 1832) (Tingidae, Hemiptera), both in Its Native and Invaded Areas. *Insects* 13: 123.
- Lakatos F., Tuba K., Szabó I., Varga Sz., Sipos Gy., Molnár M., Sárándi-Kovács J., Andrési D., Némethné Pogány Cs., Jamblich I.-né, Dankó T.-né, Csóka Gy., Hirka A., Janik G., Szócs L., Kovács T., Szabóky Cs. és Merkl O. 2014: A holtfa szerepe a diverzitás fenntartásában. In: Bartha D. és Puskás L. (szerk.) 2014: *Silva naturalis*, Vol 6., 148–164.
- Lengyel Gy. 1963: A feketefenyő hajtáspusztulása Magyarországon az 1960–62. években. *Erdészeti Kutatások* 59(3): 55–75.
- Lengyel Gy. 1964: A feketefenyő pusztulás kérdése. *Az Erdő* 13(3): 126–131.
- Lengyel Gy. 1966: Mindenképpen meg kell gátolni a fenyőpohók (*Dendrolimus pini*) továbbterjedését. *Erdőgazdaság és Faipar* 20(6): 17–19.
- Lengyel Gy. 1968: Aerosol védekezés rajzó cserebogarak ellen. *Az Erdő* 17(9): 404–406.
- Lengyel Gy. 1969a: Az üzemi védekezés lehetősége a fenyőilonca kártétele ellen. *Az Erdő* 18(11): 515–516.
- Lengyel Gy. 1969b: Möglichkeiten zum Ersatz von DDT-HCH enthaltenden Mitteln in der Bekämpfung des Kiefertriebwicklers. *Erdészeti Kutatások* 65(1): 169–173.
- Lengyel Gy. 1975: Az aeroszolos erdővédelmi eljárások káros biológiai mellékhatásának vizsgálata. *Növényvédelem* 11(2): 49–54.
- Lengyel Gy., Pogany H. és Szilágyi L. 1966: Kísérletek a fenyőcsemetedőlés elleni vegyszeres védekezéssel kapcsolatban. *Erdészeti Kutatások* 62(1–3): 299–306.
- Leskó K. 1985: Az aranyfarú pille (*Euproctis chryorrhoea*) elleni környezetkímélő védekezések. *Erdészeti Kutatások* 76–77: 315–319.
- Leskó K. 1986: Az ormánsági kocsányos tölgyesek növedékvesztesége a *Lymantria dispar* L. és az *Euproctis chryorrhoea* L. okozta kártétel éveiben és azt követő időszakokban. *Erdészeti Kutatások* 78: 369–372.
- Leskó K. 1989: Környezetkímélő védekezés a gyapjas-, az aranyfarú pille kártétele ellen. *Az Erdő* 38(4): 162–168.
- Leskó K. és Szabóky Cs. 2003: Új károsító az akácon a gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera* Hübner, 1808). *Erdészeti Lapok* 138(3): 96–97.
- Leskó K., Szalay-Marzsó L. és Lukács V. 1986: Az aranyfarú pille (*Euproctis chryorrhoea* L.) életmódja és az ellene való védekezés korszerű módszerei. *Növényvédelem* 12(5): 224–227.
- Leskó K., Szentkirályi F. és Kádár F. 1994: Gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) populációinak fluktuációs mintázatai 1963–1993 közötti időszakban Magyarországon. *Erdészeti Kutatások* 84: 163–176.
- Leskó K., Szentkirályi F. és Kádár F. 1995: Aranyfarú szövőlepke (*Euproctis chryorrhoea* L.) magyarországi populációinak hosszútávú fluktuációs mintázatai. *Erdészeti Kutatások* 85: 169–184.
- Leskó K., Szentkirályi F. és Kádár F. 1997: A gyűrűsszövő (*Malacosoma neustria* L.) hosszú távú (1962–1996) populációingadozásai Magyarországon. *Erdészeti Kutatások* 86–87: 207–220.
- Leskó K., Szentkirályi F. és Kádár F. 1998: Araszoló lepkefajok fluktuáció-mintázatának elemzése hosszú távú (1961–1997) magyarországi fénycsapdázási és kártételi idősorokon. *Erdészeti Kutatások* 88: 319–333.
- Leskó K., Szentkirályi F. és Kádár F. 1999: A kis téli araszoló lepke (*Operophtera brumata* L.) hosszú távú (1962–1997) populáció-fluktuációinak jellemzése az erdészeti fénycsapdahálózat mintavételei alapján. *Erdészeti Kutatások* 89: 169–182.

- Leskó K. és Tóth J. 1975: Adatok a *Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff. életmódjához. Erdészeti Kutatások 71(1): 217–223.
- Liebholt A. M. 2012: Forest pest management in a changing world. International Journal of Pest Management 58(23): 289–295.
- Machay L. 1954: Az amerikai fehér szövőlepke elleni mikrobiológiai védekezés *Nosema bombycis* útján. Folia Entomologica Hungarica 7(12): 155–162.
- Mally R., Ward S. F., Trombik J., Buszko J., Medzihorsky V. and Liebhold A. M. 2021: Non-native plant drives the spatial dynamics (*Robinia pseudoacacia*) in Europe of its herbivores: the case of black locust. NeoBiota 69: 155–175.
- Malpighi M. 1686: Opera Omnia. Lugduni Batavorum, Leiden.
- Matošević D., Lackovic N., Kos K., Kriston E., Melika G., Rot M. and Pernek M. 2017: Success of classical biocontrol agent *Torymus sinensis* within its expanding range in Europe. Journal of Applied Entomology 141. 10.1111/jen.12388.
- Matusovits P. 1905: A liptóújvári cserebogárrajzásról. Erdészeti Kísérletek 7: 127–131.
- Matusovits P. 1908a: A Bolle-féle fertőző eljárással való kísérletezés eredménye és az ideai apácalepke-rajzásról. Erdészeti Lapok 47(21): 1072–1075.
- Matusovits P. 1908b: A *Liparis dispar* a pozsonyi királyi erdőfelügyelőség kerületében. Erdészeti Lapok 47(11): 576–578.
- Matusovits P. 1909a: Az apácalepke folyó évi peterakása. Erdészeti Lapok 48(2): 92–94.
- Matusovits P. 1909b: A *Coraebus bifasciatus* (sávós tölgybogár). Erdészeti Lapok 48(21): 1032–1034.
- Matusovits P. 1911a: Az apácalepke pusztulása Nyitra vármegyében. Erdészeti Lapok 50(4): 292–296.
- Matusovits P. 1911b: A sávós tölgybogár (*Coraebus bifasciatus*) terjedése. Erdészeti Lapok 50(2): 205–206.
- Matusovits P. 1918a: Síksági tölgyeseink pusztulása. Erdészeti Lapok 57(5–6): 114–119.
- Matusovits P. 1918b: Válasz a „Megjegyzések a síksági tölgyeseink pusztulása” című közleményre. Erdészeti Lapok 57(9–10): 199–201.
- Matusovits P. 1924: Tölgyeseink pusztulásának okai és a védekezés. Erdészeti Lapok 63(7): 120–126.
- Mátyás Cs., Berki I., Bidló A., Csóka Gy., Czímber K., Führer E., Gálos B., Gribovszki Z., Illés G., Hirka A. and Somogyi Z. 2018: Sustainability of Forest Cover under Climate Change on the Temperate-Continental Xeric Limits. Forests 9(489): 1–32.
- Mátyás Cs., Berki I., Czúcz B., Gálos B., Móricz N. and Rasztovits E. 2010: Future of beech in Southeast Europe from the perspective of evolutionary ecology. Acta Silvatica és Lignaria Hungarica 6: 91–110.
- Mátyás Cs. and Sun G. 2014: Forests in a water limited world under climate change. Environmental Research Letters, Letter 9, 085001
- McManus M. and Csóka Gy. 2007: History and Impact of Gypsy Moth in North America and Comparison to the Recent Outbreaks in Europe. Acta Silvatica és Lignaria Hungarica 3: 47–64.
- Melika G., Brussino G., Gianfranco B. és Csóka Gy. 2003: Szelídgesztenye-gubacsdarázs (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu 1951 – Hymenoptera: Cynipidae), a szelídgesztenye új kártevője Európában. Növényvédelem 39(2): 59–63.

- Mendelik D. 1884: Észleletek az erdeifenyő csemeték tűhullatása körül. Erdészeti Lapok 23(12): 1067–1072.
- Michalus S. 1899: *Blastophagus (Hylesinus) piniperda*. Erdészeti Lapok 38(8): 872–873.
- Michel A., Kirchner T., Prescher A.-K. and Schwärzel K. (eds.) 2021: Forest Condition in Europe: The 2021 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Eberswalde: Thünen Institute. <https://doi.org/10.3220/ICPTR1624952851000>
- Mihályi F. 1991: Amerikaiak gyapjaspille állomása Budapesten az 1926–34. években. Növényvédelem 27(6): 265–272.
- Molnár B. P., Troger A., Tshova T. B., Subchev M., van Nieukerken E. J., Koster J. C., Szócs G., Tóth M. and Francke W. 2012: Identification of the Female-Produced Sex Pheromone of *Tischeria ekebladella*, an Oak Leafmining Moth. Journal of Chemical Ecology 38: 1298–1305.
- Molnár M., Brück-Dyckhoff C., Petercord R. és Lakatos F. 2010: A zöld karcúdészbogár (*Agrilus viridis* L.) szerepe a bükkösök pusztulásában. Növényvédelem 46(11): 522–528.
- Móricz N., Garamszegi B., Rasztoivits E., Bidló A., Horváth A., Jagicza A., Illés G., Vekerdy Z., Somogyi Z. and Gálos B. 2018: Recent drought-induced vitality and growth decline of Black pine (*Pinus nigra* Arn.) in South-West Hungary – Is this drought-resistant species under threat by climate change? Forests 9 (7): 414.
- Nagy B. 1953: A *Hyphantria* (szövőlepké) parazitamentés elvi és gyakorlati alapjai. A növényvédelem időszerű kérdései 4: 24–28.
- Nagy B., Reichart G. és Ubrizsy G. 1953: Amerikai fehér szövőlepké (*Hyphantria cunea* Drury). Növényvédelmi Kutató Intézet kiadványai 1., Mezőgazdasági Kiadó, 72 o.
- Nagy E. és Tarján L.-né 1973: A fenyőrontó darázs elleni védekezés. Az Erdő 22(3): 138–139.
- Nagy I. és Pogrányi K. 1983: Statisztikai módszerek a károsítások következtében kieső növedék térfogatának meghatározására. Az Erdő 32(1): 39–41.
- Nagy Z., Szabó I., Bakonyi J. és Érsek T. 2000: A mézgás éger fitoftórás betegsége Magyarországon. Növényvédelem 36(11): 573–579.
- Nuorteva M. 1972: Tumamonisármüviruksen kájtöstä ruskean mäntypistiäisen (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) torjunnassa. Silva Fennica 6(3): 172–186.
- Ónodi G. 2016: Az idegenhonos, illetve inváziós fafajok élőhelyformáló hatásai. Erdészettudományi Közlemények 6(2): 101–113.
- Padányi Gulyás G. 1974: Az akác farontógomba fajainak vizsgálata. Mikológiai Közlemények 13(1–2): 41–48.
- Pagony H. 1957: A nyárfák álgesztesedése. MTA Agrártudományi Közlemények 13(1–2): 186–188.
- Pagony H. 1961: A fehérsnyárfélék (*Populus alba* L.) erős bélkorhasztója a nyárfa áltüztapló (*Phellinus igniarius* (L. ex Fr.) Quelet.). Erdészettudományi Közlemények 1: 81–90.
- Pagony H. 1962a: A fehér és a szürkenyár álgesztesedése. Erdészeti Kutatások 58(1–3): 103–124.
- Pagony H. 1962b: A nyárfa álgesztje és bélkorhadása. In: Keresztesi B. (szerk.): A magyar nyárfa-termesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 487–498. o.
- Pagony H. 1963a: Hogyan védekezzünk a *Lophodermium* károsítása ellen csemetékertben? Erdőgazdaság és Faipar 17(6): 17–18.
- Pagony H. 1963b: Vegyszeres védekezési kísérletek az *Evetria*-fajok ellen. Erdészeti Kutatások 59(1–2): 69–78.

- Pagony H. 1964a: Az erdeifenyő tűhullást okozó gomba elleni védekezés. Mikológiai Közlemények 2: 73–81.
- Pagony H. 1964b: A vegyszeres védekezés újabb eredményei az erdeifenyő-tűkarcgomba (*Lophodermium pinastri* (Sched. ex Fr.) Chev.) károsítása ellen. Erdészeti Kutatások 60(1–3): 289–304.
- Pagony H. 1967: A nyárak nyesésének kérdése, különös tekintettel az álgesztesedésre és a gomba-fertőzésre. Erdészeti Kutatások 63(1–3): 271–281.
- Pagony H. 1968: Adatok a *Lophodermium pinastri* Sched. ex Fr. Chev. hazai biológiájához. Erdészeti Kutatások 64(1–3): 231–248.
- Pagony H. 1969: A *Lophodermium pinastri* fertőzésének mértéke és a talaj tápereje közötti összefüggés. Erdészeti Kutatások 65(2–3): 235–240.
- Pagony H. 1971: Kiegészítés a „Szerves foszforkészítmények és újabb eljárások alkalmazása a cserebogár és álcája elleni védekezésben” című dolgozathoz. Az Erdő 20(4): 183–184.
- Pagony H. 1973: A magyar erdővédelmi kutatás rövid története. Az Erdő 22(2): 82–84.
- Pagony H. 1976: Az erdeifenyő-tűkarcgomba (*Lophodermium pinastri* (Sched.) Chev.) kutatásával kapcsolatban elért eredmények. Növényvédelem 12(8): 349–353.
- Pagony H. 1977: A gyökérrontó tapló kártétele a somogyi és az alföldi fenyvesekben. Az Erdő 26(7): 316–319.
- Pagony H. 1978: Hazai adatok a gyökérrontó tapló (*Fomes annosus* Cooke) biológiájához. Az Erdő 27(9): 401–404.
- Pagony H. 1980a: Homoki fenyveseink veszedelmes kórokozója a gyökérrontó tapló (*Fomes annosus* Cooke). Az Erdő 29(3): 100–103.
- Pagony H. 1980b: A gyökérrontó tapló (*Fomes annosus* Cooke) és a fenyőtermesztés. Növényvédelem 16(2): 61–66.
- Pagony H. 1981: A gyökérrontó tapló (*Fomes annosus* (Fr.) Cooke) fertőzési időszaka Magyarországon. Erdészeti Kutatások 74: 335–342.
- Pagony H. 1982: Védekezés a *Fomes annosus* ellen erdeifenyvesekben. Agrártudományi Közlemények 40(2–4): 374–378.
- Pagony H. 1985: Az óriás területgomba (*Peniophora (Phlebia) gigantea* (Fr.) Masse) alkalmazási lehetősége a gyökérrontó tapló (*Fomes annosus* (Fr.) Cooke) leküzdésére erdei és feketefenyvesekben. Erdészeti Kutatások 76–77: 279–286.
- Pagony H. 1987: Mentsük meg erdei- és feketefenyveseinket a korai pusztulástól. Az Erdő 36(10): 439–444.
- Pagony H. (szerk.) 1995: Erdei károsítók – Képes határozó. Erdőrendezési Szolgálat, Budapest, 292 o.
- Pagony H. 1998: Az óriás területgomba (*Phlebiopsis gigantea* Fr.) egyes törzseinek korhasztó tevékenysége luc- és erdeifenyő faanyagán; alkalmazásuk lucosokban a gyökérrontó tapló (*Heterobasidium annosum* (Fr.) Bref.) fékentartására. Erdészeti Kutatások 88: 335–345.
- Pagony H. és Gaskó É. 1977: Az erdeifenyő tűkarcgomba fertőzések elhárítása csemetekertekben. Az Erdő 26(9): 425–429.
- Pagony H. és Lakatos F. 1995: A magyarországi fenyvesek egészségi állapota. In: Tóth J., Vajna L., Csóka P. és Varga F. (szerk.): Az erdők egészségi állapotának változása. MTA Erdészeti Bizottság konferenciájának kötete (1995.03.02), o.
- Pagony H. és Prém J. 1969: A talaj tápereje és az erdeifenyő tűkarcgomba fertőzésének mértéke közötti összefüggés. Az Erdő 18(3): 130–132.

- Pagony H. és Szántó M. 1995: Előzetes adatok a gyökérrontó tapló (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) magyarországi intersteril csoportjairól. Erdészeti Kutatások 85: 151–167.
- Pagony H. és Szántó M. 1996: Adatok a gyökérrontó tapló biotípusainak hazai előfordulásáról. Mikológiai Közlemények 35(1–2): 9–21.
- Pagony H. és Szántó M. 1997: A gyökérrontó tapló (*Heterobasidion annosum* /Fr./ Bref.) biotípusai Magyarországon. Növényvédelem 33(1): 11–17.
- Pagony H. és Tóth J. 1997: Kiküszöbölhető-e a gyökérrontó tapló fertőzése második generációs fenyves ültetésekor? Erdészeti Lapok 132(5): 150–151.
- Palkó Á., Ónodi G., Rédei T. és Winkler D. 2020: Talajfaunisztikai- és ökológiai vizsgálatok alföldi reliktum homoki tölgyesekben és a helyükön létesített idegenhonos faállományokban. Erdészettudományi Közlemények 10(2): 125–139.
- Pallós P., Jakab J. és Tuba K. 2018: Egészségi vizsgálatok fiatal pannon cseresekben az Ikva–Répce-síkon. Növényvédelem 54(4): 149–159.
- Papp M. 1970: Szempontok az amerikai fehér szövőlepke elleni védekezéshez. Növényvédelem 6: 170–171.
- Papp V., Ladányi M. and Vének G. 2018: Temperature-dependent development of *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae), an invasive pest of elms in Europe. Journal of Applied Entomology 142(6): 589–597.
- Paulin M., Hirka A., Csepelényi M., Fürjes-Mikó Á., Tenorio-Baigorria I., Eötvös Cs., Gáspár Cs. and Csóka Gy. 2021: Overwintering mortality of the oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in Hungary – a field survey. Central European Forestry Journal 67(2): 108–112.
- Paulin M., Hirka A., Eötvös Cs. B., Gáspár Cs., Fürjes-Mikó Á. and Csóka Gy. 2020: Known and predicted impacts of the invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in European oak ecosystems – a review. Folia Oecologica 47(2): 131–139.
- Paulin M., Hirka A., Mikó Á., Tenorio-Baigorria I., Eötvös Cs., Gáspár Cs. és Csóka Gy. 2020: A tölgy-csipkésposloska Magyarországon – helyzetkép 2019 őszén. Növényvédelem 56(6): 245–249.
- Pilarska D., McManus M., Hajek A. E., Herard F., Vega F., Pilarski P. and Markova G. 2000: Introduction of the entomopathogenic fungus *Entomophaga maimaiga* Hum., Shim. és Sop. (Zygomycetes: Entomophthorales) to a *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) population in Bulgaria. Journal of Pest Science 73(5): 125–126.
- Piso K. 1881: A gyelmek és fürkészekről. Erdészeti Lapok 20(10): 808–810.
- Piso K. 1883: A gyelmek-, fürkészek- és hernyókról. Erdészeti Lapok 22(6): 502–506.
- Piso K. 1892a: Az apácarovar irtásának kérdéséhez. Erdészeti Lapok 31(7): 447–456.
- Piso K. 1892b: Hernyókat irtó két rovar. Erdészeti Lapok 31(10): 691–695.
- Piso K-né 1907: Az élősdik rovarok szerepe az erdő háztartásában. Erdészeti Lapok 46(12): 725–733.
- Podgwaite J. D., Rush P., Hall D. and Walton G. S. 1984: Efficacy of the *Neodiprion sertifer* (Hymenoptera: Diprionidae) Nucleopolyhedrosis Virus (Baculovirus) Product, Neochek-S. Journal of Economic Entomology 77(2): 525–528.
- Puskás L. 2021: 25 évnyi ökológiai vízpótlás a Fekete-Körös erdeiben. Erdészeti Lapok 161(7–8): 246–249.
- Ragazzi A., Ginetti B. and Moricca S. 2012: First Report of *Biscogniauxia mediterranea* on English Ash in Italy. Plant Disease 96: 11.

- Rasztovits E., Berki I., Mátyás Cs., Czimber K., Pötzelsberger E. and Móricz N. 2014: The incorporation of extreme drought events improves models for beech persistence at its distribution limit. *Annals of Forest Science* 71(2): 201–210.
- Ratkovszky K. 1892: Az akác pajzstetű Sopron vármegyében. *Erdészeti Lapok* 31(4): 211–213.
- Ratkovszky K. 1895: Védekezés az akác-pajzstetű ellen. *Erdészeti Lapok* 34(3): 273–277.
- Reiderné Saly K. 1996: A fenyőrontó darázs (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) (Hymenoptera: Tenthredinoidea, Diprionidae) kártétele fenyő (*Pinus*-) fajokon. *Növényvédelem* 32(5): 249–251.
- Reuter C. 1962: A nyár és fenyő egymás melletti telepítéséből keletkező károsításokról. *Az Erdő* 11(12): 565–569.
- Riedler A. 1855: Eine Krankheit der Zerreiche (*Quercus Cerris*). *Mittheilungen des Ungarischen Forstvereins* 4: 61–62.
- Roth 1915: Adatok a tölgylisztharmat ellen való védekezéshez. *Erdészeti Kísérletek* 17: 114–130.
- Roth Gy. 1904: Adatok a *Porthesia chrysoorrhoea* életrajzához. *Erdészeti Kísérletek* 6: 98–99.
- Roth Gy. 1907: A sárgafarú lepke (*Porthesia chrysoorrhoea* L.) elterjedése hazánk keleti részeiben. *Erdészeti Kísérletek* 9: 117–142.
- Roth Gy. 1916: A fehér és sárga fagyöngy előfordulása hazánkban. *Természettudományi Közlöny* 48: 480–483.
- Roth Gy. 1933: A szilfavész. *Erdészeti Lapok* 72(2): 224–225.
- Samu F., Elek Z., Kovács B., Fülöp D., Botos E., Schmera D., Aszalós R., Bidló A., Németh Cs., Sass V. and Ódor P. 2021: Resilience of spider communities affected by a range of silvicultural treatments in a temperate deciduous forest stand. *Scientific Reports* (2021) 11: 20520.
- Santamour F.S. 1973: Resistance to Dutch elm disease in Chinese elm hybrids. *Plant Disease* 57: 997–999.
- Sárándi-Kovács J. (2015): *Phytophthora* fajok előfordulása és jelentősége erdei ökoszisztémákban. Doktori (PhD) értekezés, Sopron 2015. NYME, Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola, Sopron.
- Sárándi-Kovács J., Nagy L., Lakatos F. and Sipos Gy. 2016: Sudden *Phytophthora* dieback of wild cherry trees in northwest Hungary. *Acta Silvatica és Lignaria Hungarica* 12(2): 117–124.
- Sárándi-Kovács J., Szabó I. and Lakatos F. (2018): Waterborne *Phytophthora* Species Occurrence and Diversity in the Valley of the Rák. *Acta Silvatica és Lignaria Hungarica* 14(2): 127–144.
- Sauvard D., Branco M., Lakatos F., Faccoli M. and Kirkendall L. R. 2010: Weevils and Bark Beetles (Coleoptera, Curculionoidea). Chapter 8.2. In: Roques A. et al. (eds.): *Alien terrestrial arthropods of Europe*. *BioRisk* 4(1): 219–266.
- Schilberszky K. 1887: Az ákác gombájáról (*Septosporium curvatum*). *Erdészeti Lapok* 26(11): 980–982.
- Schilberszky K. 1906: Gombabetegségek fenyőfákon és ákácon. *Gyümölcskertész* 16: 322–323.
- Seebens H., Blackburn T., Dyer E. et al. 2017: No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications* 8: 14435.
- Sipos Gy., Kredics L., Chen L. et al. 2021: Az erdészeti kártevő *Armillaria* (tuskógomba) nemzetség patológiája és a biológiai védekezés lehetőségei. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron.
- Sipos G., Prasanna A. N., Walter M. C. et al. 2017: Genome expansion and lineage-specific genetic innovations in the forest pathogenic fungi *Armillaria*. *Nature Ecology and Evolution* 1: 1931–1941.
- Skuhrová M., Skuhrový V. and Csóka Gy 2007: The invasive spread of the gall midge *Obolodiplosis robiniae* in Europe. *Cecidology* 22: 84–90.

- Standovár T. 2022: Egyes állományjellemzők és abiotikus kalamitások közötti összefüggések. Erdészeti Lapok 157(1): 12–13.
- Standovár T., Bán M. és Kézdy P. (szerk.) 2017: Erdőállapot-értékelés középhegységi erdeinkben. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 616 o.
- Stauffer C., Lakatos F. and Hewitt G. 1997: The phylogenetic relationships of seven European *Ips* (Scolytidae: Ipine) species. Insect Molecular Biology 6(3): 233–240.
- Stauffer C., Lakatos F. and Hewitt G. 1999: Phylogeography and postglacial colonisation routes of *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). Molecular Ecology 8: 763–773.
- Surányi P. 1946: A fehér medveszövőlepké és életmódja. Folia Entomologica Hungarica Series nova (3–4.): 87–90.
- Szabó I. 1991: A bükk levélszáradását okozó gomba (*Apiognomonina errabunda* /Rob./Höhn.) fellépéséről. Erdészeti Lapok 126(12): 358–359.
- Szabó I. 2003: Erdei fák betegségei. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 179 o.
- Szabó I. 2008: A magas köris *Chalara fraxinea* okozta hajtás- és vesszőpusztulásának megjelenése Magyarországon. Növényvédelem 44(9): 444–446.
- Szabó I. és Lakatos F. 2008: Pusztuló erdőállományokból izolált *Phytophthora* fajok Magyarországon. Növényvédelem 44(12): 607–613.
- Szabó I., Nagy Z., Bakonyi J. and Érsek T. 2000: First report of *Phytophthora* root and collar rot of alder in Hungary. Plant Disease 84(11): 1251.
- Szabó I., Varga Sz. és Vidóczy H. 2009: A *Cryphonectria parasitica* előfordulása és jelentősége kocsánytalan tölgyön, a biológiai védekezés lehetőségei. Növényvédelem 45(4): 208–212.
- Szabóky Cs. és Csóka Gy. 1997: A *Phyllonorycter robiniella* Clemens 1859 akáclevél aknázómoly megtelepedése Magyarországon. Növényvédelem 33(11): 569–571.
- Szabóky Cs. és Csóka Gy. 2010: Sodrómolyok – Tortricids. Erdészeti Tudományos Intézet, Sárvár, 192 o.
- Szabóky Cs. és Szentkirályi F. 1995: A gyapottok-bagolylepké (*Helicoverpa armigera* Hübner, 1808) szezonális az erdészeti fénycsapdák gyűjtései alapján. Növényvédelem 31(6): 267–274.
- Szalárdi T., Szanyi Sz., Szarukán I., Tóth M. and Nagy A. 2021: Semiochemical baited traps of lepidopteran pests of economic importance can deliver reliable data also on wide range of non-target species: case study in the Hajdúság Region of East Pannonian Lowland (East Hungary). Biodiversity Data Journal 9 e72305
- Szalay-Marzsó L., Lengyel Gy. és Halmágyi L. 1976: Mikrobiológiai és vegyszeres védekezési módszerek összehasonlítása tölgyerdőkben. Növényvédelem 12(8): 337–348.
- Szalay-Marzsó L. és Tóth J. 1979: A *Rhyacionia buoliana* Den. & Schriff természetes hernyópusztulásának okaira vonatkozó adatok. IBL kiadvány, Varsó, 115–118.
- Szántó M. 1994: A gyűrűs tuskógomba hazai előfordulása és gazdanövényei. Erdészeti Kutatások 84: 177–182.
- Szántó M. és Steenackers M. 1998: Előzetes adatok a nyárák levélrozsáját okozó *Melampsora* fajok hazai előfordulásáról. Erdészeti Kutatások 88: 119–130.
- Szántó M. and Steenackers M. 1999: Preliminary data from *Melampsora* species in Hungary. Acta Microbiologica és Immunologica Hungarica 46(2–3): 328.
- Szanyi Sz., Molnár A., Kozák L., Szalárdi T., Varga Z., Tóth M. és Nagy A. 2019: Nyírségi Macroheterocera együttesek vizsgálata illatanyagcsapdák alkalmazásával. Erdészettudományi Közlemények 9(1): 51–68.

- Szanyi Sz., Szarukán I., Nagy A., Jósvai J. K., Imrei Z., Varga Z. and Tóth M. 2020: Comparing performance of synthetic sex attractants and a semisynthetic bisexual lure in *Orthosia* and *Conistra* species (Lepidoptera: Noctuidae). *Acta Phytopathologica és Entomologica Hungarica* 55(1): 115–122.
- Szelényi G. 1957: New data on the Hymenopterous parasites of *Hyphantria cunea*. *Annales Instituti Protectionis Plantarum Hungarici* 7: 295–312.
- Szeőke K. és Csóka Gy. 2012: Jövevény kártevő ízeltlábúak Magyarországon – Lepkék (Lepidoptera). *Növényvédelem* 48(3): 105–115.
- Szilágyi L. 1961: A nyárfarák elleni védekezés lehetőségei. *Az Erdő* 10(10): 417–423.
- Szilágyi L. 1967: Vizsgálatok a *Dothichiza*-val fertőzött dugványok pusztulásával kapcsolatban. *Erdészeti Kutatások* 64(1–3): 261–269.
- Szontagh P. 1961a: A tarka égerormányos (*Cryptorrhynchus lapathi* L.) mint nemesnyár anyatelepeink károsítója. *Az Erdő* 10(7): 303–307.
- Szontagh P. 1961b: A *Malacosoma neustria* L. Egyetemi doktori értekezés, Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron., 90 o.
- Szontagh P. 1962a: A fénycsapdák erdőgazdasági jelentősége. *Az Erdő* 11(11): 510–513.
- Szontagh P. 1962b: A gyűrűslepke (*Malacosoma neustria* L.) tömegszaporodása és károsítása tölgyeseinkben. *Erdészeti Kutatások* 58(1–3): 125–142.
- Szontagh P. 1963a: A *Malacosoma neustria* L. elleni megelőző és megszüntető védekezési eljárások. *Erdészeti Kutatások* 59(3): 97–109.
- Szontagh P. 1963b: Adatok a *Malacosoma neustria* L. hazai életmódjához. *Állattani Közlemények* 50(1–4): 167–183.
- Szontagh P. 1964: A tarka égerormányos (*Cryptorrhynchus lapathi* L.) károsítása és az ellene való védekezés nemes nyár anyatelepeinken. *Erdészeti Kutatások* 60(1–3): 337–358.
- Szontagh P. 1965a: Az üvegszárnyú lepkék (Fam.: Aegeridae) kártétele a nyár anyatelepeken. *Erdészeti Kutatások* 61(1–3): 257–275.
- Szontagh P. 1965b: A *Paranthrene tabaniformis* Rott. hazai életmódja és károsítása. *Állattani Közlemények* 52(1–4): 135–142.
- Szontagh P. 1967: A kis nyárfacincér (*Saperda populnea* L. Fam. Cerambycidae) életmódja és károsítása nyárasainkban. *Erdészeti Kutatások* 63(1–3): 291–300.
- Szontagh P. 1968: Adatok az *Aegeria apiformis* Cl. (Aegeridae) hazai életmódjához és károsításához. *Állattani Közlemények* 55(1–4): 123–127.
- Szontagh P. 1971a: Adatok a *Paranthrene tabaniformis* Rott. (Lep.) fejlődési és parazitáltsági viszonyaihoz. *Rovartani Közlemények* 24(7): 99–108.
- Szontagh P. 1971b: Adatok a nagy nyárfacincér (*Saperda carcharias* L.) hazai életmódjához és károsításához. *Állattani Közlemények* 58(1–4): 136–141.
- Szontagh P. 1971c: A nemes nyárak nyelési idejének összefüggése a rovarkárosítás mértékével. *Az Erdő* 20(7): 322–326.
- Szontagh P. 1975: Az *Agrilus suvorovi populneus* Schaeff. (Col. Buprestidae) hazai életmódjáról és károsításáról. *Állattani Közlemények* 62(1–4): 129–134.
- Szontagh P. 1979a: A nyár-karcsúdiszbogár (*Agrilus suvorovi populneus* Schaeff.) károsítása és a védekezés lehetősége nemesnyárasokban. *Növényvédelem* 15(5): 197–203.
- Szontagh P. 1979b: A *Nycteola asiatica* Krul. (Lepidoptera: Noctuidae) életmódja és károsítása nyárállományokban. *Állattani Közlemények* 56(1–4): 167–171.

- Szontagh P. 1985: Tölgy nagylepke károsítóinak populációdinamikája, és a másodlagos károsító rovarok okozta kárláncolat. Erdészeti Kutatások 76–77: 305–314.
- Szontagh P. 1986: A fitofág rovarok populációdinamikájának szerepe a tölgypusztulásban. Erdészeti Kutatások 78: 335–338.
- Szontagh P. 1989a: Rovarok okozta károk bükköseinkben. Állattani Közlemények 75(1–4): 107–112.
- Szontagh P. 1989b: A kései fagyok szerepe a bükk korai pusztulásának kárláncolatában. Az Erdő 38(2): 65–66.
- Szontagh P. 1990: A nyárak és a fűzek növényvédelme. Az állami gazdaságok Erdőgazdálkodási és Fafeldolgozási Szakbizottságának kiadványa. Budapest, 78 o.
- Szöcs G., Kárpáti Zs., Tóth M. és Francke W. 2000: Itt a vadgesztenyelevel-aknázómoly szintetikus szexferomonja. Növényvédelem 36(8): 429–430.
- Szöcs G., Tóth M., Francke W., Schmidt F., Philipp P., König W. A., Mori K., Hansson B. S. and Lofstedt C. 1993: Species discrimination in 5 species of winter-flying geometrids (Lepidoptera) based on chirality of semiochemicals and flight season. Journal of Chemical Ecology 19: 2721–2735.
- Szöcs G., Tóth M. and Mori K. 2005: Absolute configuration of the major sex pheromone component of the satin moth, *Leucoma salicis*, verified by field trapping test in Hungary. Chemoecology 15: 127–128.
- Szöcs G., Tóth M., Ujváry I. és Szarukán I. 1995: Hazai fejlesztésű feromoncsapda az újonnan fellépő gyapottok-bagolylepkék (*Helicoverpa armigera* Hbn.) jelzésére. Növényvédelem 31(6): 261–266.
- Tabakovic-Tosic M., Georgiev G., Mirchev P., Tosic D. and Golubovic-Curguz V. 2012: *Entomophaga maïmaïga* – New entomopathogenic fungus in the Republic of Serbia. African Journal of Biotechnology 11(34): 8571–8577.
- Tallós P. 1966a: A fénycsapdák erdővédelmi jelentősége. Az Erdő 15(3): 134–136.
- Tallós P. 1966b: A gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) kártételének előrejelzéséről. Az Erdő 15(12): 549–552.
- Tallós P. 1968: Egyes erdőszeti kártevők prognózis-készítésének kérdései. Kandidátusi értekezés, Erdészeti Tudományos Intézet, Sárovar.
- Tarcali G. and Radócz L. 2003: Examination of Hungarian populations of *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr on oak. Proceedings of the 3rd International Plant Protection Symposium (3rd IPPS) at Debrecen University, Debrecen, Hungary, 95–100.
- Téglás K. 1893: Erdővédelemtan. Joerges Ágoston özvegye és fia, Selmezbánya, 286 o.
- Tikos B. 1939: Az *Ocneria dispar* pusztítása amerikai szemmel nézve. Erdészeti Lapok 78(2): 164–174.
- Tinya F., Kovács B., Bidló A., Dima B., Király I., Kutszegi G., Lakatos F., Mag Zs., Márialigeti S., Nascimbene J., Samu F., Siller I., Szél Gy. and Ódor P. 2021: Environmental drivers of forest biodiversity in temperate mixed forests – A multi-taxon approach. Science of the Total Environment 795: 148720.
- Tóth J. 1971: A nagy fenyőhancsszú (*Myelophilus piniperda* L.) életmódja és károsítása Magyarországon. Erdészeti Kutatások 67(1): 277–284.
- Tóth J. 1973a: Die Anwendung sexual-attraktanter Fallen zur Erstellung von Prognosen für *Rhyacionia buoliana* (Fam. Tortricidae). Erdészeti Kutatások 69(2): 163–169.
- Tóth J. 1973b: Fenyveseink ellensége a fenyőilonca (*R. buoliana* Schiff.). Növényvédelem 9(11): 488–491.

- Tóth J. 1974: Erdővédelmi feladatok az alföldi fenyőállományokban. Az Erdő 23(2): 84–86.
- Tóth J. 1985: A hatfogú szú (*Ips sexdentatus* Baer.) kártétele és életmódja Magyarországon. Növényvédelem 21(3): 97–100.
- Tóth J. 1986: Az alföldi fenyvesek egészségi állapota. Erdészeti Kutatások 78: 339–344.
- Tóth J. 1997: Behurcolt és új erdészeti kártevők Magyarországon. Erdészeti Lapok 132(10): 327–328.
- Tóth J. (szerk.) 1999: Erdészeti rovartan. Agroinform, Budapest, 480 o.
- Tóth J. 2002: Az akác növényvédelme. Agroinform, Budapest, 158 o.
- Tóth J. és Csóka Gy. 2010: Az erdővédelmi kutatások története az Erdészeti Tudományos Intézetben. Növényvédelem 46(11): 497–502.
- Tóth M., Szarukán I., Nagy A., Gém F., Nyitrai R., Kecskés Z., Krakó L., Jósvai J. K. és Bélai I. 2015: Fél szintetikus „biszex” csalétkék kártevő rovarok nőstényeinek és hímjeinek fogására. Növényvédelem 51(5): 197–205.
- Tóth M., Szócs G. and Bengtsson M. 1993: Optimization of male sex attractants for *Orthosia cruda* Schiff., *O. munda* Schiff. and *O. stabilis* Schiff. (Lep., Noctuidae). Journal of Applied Entomology 115: 342–349.
- Tóth T., Lakatos T. és Koltay A. 2013: *Lonsdalea quercina* subsp. *populi* subsp. nov., isolated from bark canker of poplar trees. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 63: 2309–2313.
- Tóth V., Bender B., Tuba K., Horváth B. és Lakatos F. 2020: A platán csipkésposloska (*Corythucha ciliata* Say, 1832) populációgenetikai mintázata. Növényvédelem 56(4): 168–175.
- Tóth V. and Lakatos F. 2018: Phylogeographic pattern of the plane leaf miner *Phyllonorycter platanii* (Staudinger, 1870) (Lepidoptera: Gracillariidae) in Europe. BMC Evolutionary Biology 18: 135.
- Traser Gy. és Csóka Gy. 2002: A mezofauna – *Insecta: Collembola* – ásoththalmi fenyő- és tölgyerdők talajában. Erdészeti Kutatások 90: 231–239.
- Tuba K. 2019: Új és várható kártevők és kórokozók a magyarországi erdőkben és díszfákon. Növényvédelem 55(4): 157–166.
- Tuba K., Balogh K., Vörös-Torma Sz., Jakab J. és Kelemen G. 2021: Magas körísesek (*Fraxinus excelsior* L.) újabb erdővédelmi problémái. Növényvédelem 57(12): 511–520.
- Tuba K., Horváth B. és Lakatos F. 2012: Inváziós rovarok fás növényeken. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, 122 o.
- Tuzson J. 1897: A vörösfenyő (*Larix europaeae* DC.) tenyésztése az alsóbb vidékeken s e fanem gomba és rovar ellenségei. Erdészeti Lapok 36(12): 1023–1042.
- Tuzson J. 1900a: A fenyőcsemeték *Botrytis* betegségeiről (*Botrytis cinerea* Pers.). Erdészeti Kísérletek 2: 43–48.
- Tuzson J. 1900b: *Nectria cinnabarina* az akáccsemetéken. Erdészeti Kísérletek 2: 65–66.
- Tuzson J. 1901: Mit tudunk az erdeifenyő kóros tűhullásáról s az ellene való védekezéséről. Erdészeti Lapok 40(7): 683–706.
- Tuzson J. 1907: A lucfenyő gyökértaplója (*Rhizina undulata* Fr.). Természettudományi Közlöny 39: 78.
- Tuzson J. 1917a: A tölgylisztharmat károsítása a vinkovcei, lippai és gödöllői kincstári erdőbirtonkon. Erdészeti Lapok 56: 113–124.
- Tuzson J. 1917b: A szlavoniai lisztharmatos erdők kérdéséhez. Erdészeti Lapok 56(7–8): 167–171.
- Tuzson J. 1931: A Zala megyei bükkösök pusztulása. Erdészeti Kísérletek 33(3–4): 127–137.

- Vadas J. 1904a: Az akácfa (*Robinia Pseudoacacia* L.) ellenségei, betegségei és az ellenük való védekezés I. A Természet 8: 162–164.
- Vadas J. 1904b: Az akácfa (*Robinia Pseudoacacia* L.) ellenségei, betegségei és az ellenük való védekezés II. A Természet 8: 199–202.
- Vadas J. 1904c: Az akácfa (*Robinia Pseudoacacia* L.) ellenségei, betegségei és az ellenük való védekezés III. Erdészeti Kísérletek 6: 59–73.
- Vadas J. 1916: A tölgylisztharmatról és az ellene való védekezésről. Erdészeti Kísérletek 18: 170–179.
- Vadas J. 1917: A tölgylisztharmat fellépése az 1917. évben. Erdészeti Kísérletek 19(3–4): 191–197.
- Vajna L. 1986: Branch canker and dieback of sessile oak (*Quercus petraea*) in Hungary caused by *Diplodia mutila*. European Journal of Forest Pathology 16(4): 223–229.
- Vajna L. 1987: A kocsánytalan tölgy pusztulásában szerepet játszó gombafajok. Erdészeti Kutatások 79: 233–235.
- Vajna L. 1989: A kocsánytalan tölgy pusztulásának kórok- és járványtani kérdései. Az Erdő 38(4): 169–175.
- Vajna L. 1990: Fungi associated with oak-decline. EPP0 Bulletin 20(3): 412–413.
- Vajna L. 1991: Az európai és hazai erdők állapotának leromlása az 1970–1980-as években I. A probléma európai áttekintése. Növényvédelem 27(10): 433–438.
- Vajna L. 1992: Az európai és hazai erdők állapotának leromlása az 1970–1980-as években II. A magyarországi helyzet 8 év kutatásainak tükrében. Növényvédelem 28(10): 393–407.
- Vajna L. 1994a: Az európai és hazai erdők állapotának leromlása az 1970–1980-as években III. A leromlás jelensége. Növényvédelem 30(12): 249–261.
- Vajna L. 1994b: Az európai és hazai erdők állapotának leromlása az 1970–1980-as években IV. A mikológiai és patológiai vizsgálatok eredményei: *Armillaria cepistipes* Vel., és szerepe a kocsánytalan tölgyesek leromlásában. Növényvédelem 30(12): 401–409.
- Vajna L. 2001: *Diaporthe oncostoma* causing stem canker of black locust in Hungary. New Disease Reports (2001) 4: 12.
- Vajna L. és Szántó M. 1990: *Armillaria* fajok Magyarországon. Növényvédelem 26(12): 273–274.
- Valade R., Kenis M., Hernandez-Lopez A., Augustin S., Mena N. M., Magnoux E., Rougerie R., Lakatos F., Roques A. and Lopez-Vaamonde C. 2009: Mitochondrial and microsatellite DNA markers reveal a Balkan origin for the highly invasive horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae). Molecular Ecology 18(16): 3458–3470.
- Vannini A. and Valentini R. 1994: Influence of Water relations on *Quercus cerris* – *Hypoxylon mediterraneum* interaction: a model of drought-induced susceptibility to a weakness parasite. Tree Physiology 14(2): 129–139.
- Varga F. 1964: A *Lymantria dispar* károsításai következtében fellépő növedékkiesés cserállományokban. Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei 1964(1–2): 217–226.
- Varga F. 1965: Vizsgálatok a gyapjaspille (*Lymantria dispar* L.) táplálkozása és peterakása közötti összefüggésre. Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei 1965(1–2): 223–238.
- Varga F. 1966: A *Dendrolimus pini* L. – Fenyőpóhók magyarországi tömeges fellépése. Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei 1966(1–2): 49–62.
- Varga F. 1968: Újabb táplálkozásbiológiai vizsgálatok a gyapjaspillével (*Lymantria dispar* L.). Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei 1968(1): 131–141.

- Varga F. 1969: Adatok a gyapjaspille (*Lymantria dispar* L.) táplálkozásbiológiájához és ennek összefüggése a tömegszaporodással. Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei 1969(1): 71–82.
- Varga F. 1975: A gyapjaspille (*Lymantria dispar* L.) táplálékának hatása a szaporodóképességre. MTA-VEAB Értesítő (1): 34–35.
- Varga F. 1980: A tölgypusztulás Magyarországon. Az Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei 1980(2): 11–17.
- Varga F. 1982: A gyapjaspille (*Lymantria dispar*) kártétele következtében fellépő növedékvesztés. MTA Agrártudományi Közlemények 41(3–4): 561–568.
- Varga F. 2001: Erdővédelemtan. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 293 o.
- Varga F. és Szabó I. 1993: Az erdei fák fontosabb rozsdabetegségei. Növényvédelem 29(11): 509–512.
- Varga Sz. 1987: A *Rhyacionia buoliana* Schiff. elleni védekezés időpontjának előrejelzése hőösszeg számítás alapján. Egyetemi doktori értekezés, EFE, Sopron, 118 o.
- Varga Sz. és Molnár M. 2013: A májusi és az erdei cserebogár, valamint az ellenük való védekezés lehetőségei. Erdészettudományi Közlemények 3(1): 215–227.
- Varga Sz. és Szidonya I. 2002: Környezetkímélő technológiák az erdészeti növényvédelemben. Erdészeti Lapok 137(11): 305–309.
- Végh A., Tóth A., Zámbo Á., Borsos G. és Palkovics L. 2013: A dió (*Juglans regia* L.) kéregpedése, feketefolyása: új baktériumos betegség Magyarországon. Növényvédelem 49(9): 397–401.
- Vétek G., Bartha D. and Oláh R. 2017: Occurrence of the alien zigzag elm sawfly, *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae), in arboretums and botanical gardens of Hungary. Periodicum Biologorum 119(2): 101–106.
- Vétek G., Fekete V., Ladányi M., Cargnus E., Zandigiacomo P., Oláh R., Schebeck M. and Schopf A. 2020: Cold tolerance strategy and cold hardiness of the invasive zigzag elm sawfly *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae). Agricultural and Forest Entomology 22(3): 231–237.
- Vétek G., Mikulás J., Csóka Gy. és Blank S. M. 2010: A kanyargós szilvéldarázs (*Aproceros leucopoda* Takeuchi, 1939) Magyarországon. Növényvédelem 46(11): 519–521.
- Vétek G., Papp V., Fail J., Ladányi M. and Blank S. M. 2016: Applicability of coloured traps for the monitoring of the invasive zigzag elm sawfly, *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae). Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 62(2): 165–173.
- Vidóczi H. 2021: Kocsányos tölgyesek természetszerű felújítása. Erdészeti Lapok 156(6): 209–212.
- Vidóczi H., Varga M. és Szabó I. 2005: A szelídgesztenye-kéreggrák elleni biológiai védekezés tapasztalatai a Soproni-hegységben. Növényvédelem 41(9): 405–412.
- Vidóczi H., Varga M. and Szabó I. 2007: Chestnut blight and its biological control in the Sopron Hills, Hungary. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica (Special Edition) 3: 199–206.
- Vollnhöfer P. 1903: Az erdeifenyő két veszedelmes károsítójáról. Erdészeti Lapok 42(10): 921–925.
- Vuts J., Hickman-Smith M., Mayne E. és Tóth M. 2013: A vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella*) rajzáskövetése az Egyesült Királyságban feromoncsapdákkal. Növényvédelem 49(6): 257–260.
- Wang H-L., Zhao, Ch-H., Szócs G., Chinta S. P., Schulz S. and Löfstedt C. 2013: Biosynthesis and PBAN-regulated transport of pheromone polyenes in the winter moth, *Operophtera brumata*. Journal of Chemical Ecology 39: 790–796.

- Winkler D. and Tóth V. 2012: Effects of Afforestation with Pines on Collembola Diversity in the Limestone hills of Szárhalom (West Hungary): *Acta Silvatica és Lignaria Hungarica* 8: 9–20.
- Yong L., Han X., Li-min G., Koltay A., Palacio-Bielsa A., Jupu C., Shoujiang X. and Xuqi Y. 2017: Elevation of three subspecies of *Lonsdalea quercina* to species level: *Lonsdalea britannica* sp. nov., *Lonsdalea iberica* sp. nov. and *Lonsdalea populi* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 67: 4680–4684.
- Zlatković M., Tenorio-Baigorria I., Lakatos T., Tóth T., Koltay A., Pap P., Marković M. and Orlović S. 2020: Bacterial Canker Disease on *Populus × euramericana* Caused by *Lonsdalea populi* in Serbia. *Forests* 11(10): 1080.
- Zúbrik M., Hajek A., Pilarska D., Spilda I., Georgiev G., Hrašovec B., Hirka A., Goertz D., Hoch G., Barta M., Saniga M., Kunca A., Nikolov C., Vakula J., Galko J., Pilarski P. and Csóka Gy. 2016: The potential for *Entomophaga maimaiga* to regulate gypsy moth *Lymantaria dispar* (L.) (Lepidoptera: Erebidae) in Europe. *Journal of Applied Entomology* 140(8): 565–579.
- Zúbrik M.; Kunca A. and Csóka Gy. (eds.) 2013: Insects and diseases damaging trees and shrubs of Europe. N.A.P. Editions, Paris, 535 o.
- Zúbrik M., Pilarska D., Kulfan J., Barta M., Hajek A. E., Bittner T. D., Zach P., Takov D., Kunca K., Rell S., Hirka A. and Csóka Gy. 2018: Phytophagous larvae occurring in Central and Southeastern European oak forests as a potential host of *Entomophaga maimaiga* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) – A field study. *Journal of Invertebrate Pathology* 155: 52–54.

Forest protection/Forest health

Forest protection is one of the oldest and most productive branches of Hungarian forest science. The aim of this work is to give a synopsis on more than two centuries of forest protection related research in Hungary. Although achieving an exhausting overview would hardly be possible due to the complexity of the discipline and the outstanding richness of literature sources, we have attempted to give a rather wide and deep selection demonstrating the background of the main forest health problems and research directions raised since the beginning.

The Hungarian forests are dominated by a wide variety of broadleaved tree species (both native and exotic). The total share of conifers hardly reaches 10%. The relatively high number of stand-forming tree species results in a diversity of forest health problems (both insects, pathogens and abiotic calamities) compared to the conifer-dominated countries. The health research has always – limited by the actual availability of human and financial resources – tried to react rapidly to the emerging problems.

Forest health is influenced by many abiotic and biotic factors and their interactions as well. Therefore – not surprisingly – forest protection (defined here as “health care of forests”) is a complex medley of many contributing and interacting fields of science (entomology, pathology, ecology, biochemistry, tree physiology, climatology etc.).

On top of the many environmental factors influencing forest health, historical events and their aftermaths may occasionally have long lasting impacts as well. After World

War I – due to the Treaty of Trianon – Hungary lost more than 70% of its territory. Only 1.2 million of the former 7.4 million hectares of forested land remained within the new borders of the state. The conifer forests suffered the most severe toll, only 48 thousand of the former 1.8 million hectares remained Hungarian, so more than 97% were lost. These constraints had a major influence on Hungarian forestry in the last 100 years, lasting even until our days. In order to at least partly compensate for these catastrophic losses, Hungary started a forced afforestation program particularly accelerating in the 1950s. As its result, the forested land increased from 11.8% by ca. 78% reaching the 21% ratio by now. However, it also means that ca. 44% of the present Hungarian forests is found on areas not having forests earlier. A considerable part of the new forests grows on “constrained” suboptimal sites (poor, dry sandy, or very hard alkaline soils etc.), that “ab ovo” have strong impacts on their health status and damage risks.

The consequences are likely most pronounced in case of the largescale artificial conifer plantations at the Great Plain, where many different health issues (insects, pathogens and abiotic factors) begun to raise rapidly since the 1950's. Many of the significant challenges (pine needle blights, pine root rot, pine sawflies, bark beetles etc.) in Hungary during the 2nd half of the 20th century emerged in these stands. Considerable amount of research activity was targeted to find solutions for these problems. One of the most serious problems was the root rot (*Heterobasidion annosum*) causing mass mortality in relatively young (ca. 15–20 years and older) Scots pine stands. An antagonist fungus (*Peniophora gigantea*) as a biocontrol agent was successfully used against root rot.

Hybrid poplar plantations face a variety of pest insects (defoliators, xylophagous insects etc.) and pathogens (leaf rust, different bark diseases etc.) demanding significant research investment (including resistance breeding) to find remedies for these issues.

Black locust plantations covering ca. 460 thousand hectares (ca. ¼ of the forested land) most often suffer from abiotic calamities (late frosts, windbreak etc.). Devastating abiotic damage events are relatively rare in them.

Stands of native tree species (particularly oaks) suffer more frequent defoliations by gypsy moth (*Lymantria dispar*), geometrid complexes (*Operophtera brumata*, *Colotois pennaria*, *Agriopsis* spp. etc.), green tortrix (*Tortrix viridana*), browntail moth (*Euproctis chrysorrhoea*), often triggering “damage-chains” including mildew, buprestids etc. During the last gypsy moth outbreak (2003–2006), a new control strategy was introduced. Spraying (only *B.t.* or insect growth regulators) is only feasible where it is unavoidable, mainly from human health point of view (cities, villages, recreational areas, forest schools etc.). Gypsy moths' specific pathogen, *Entomophaga maimaiga* causing mass mortality of larva, was first recorded in Hungary in 2013. It seems to have a major impact on its hosts, gypsy moth damage area recently reported was one magnitude less than normally expected. However, it is likely that some other defoliators, like geometrids, tortricids are replacing gypsy moth as the dominant defoliator.

Abiotic disturbances (wind, snow, ice etc.) are becoming more frequent and more severe in stands of almost any native (oaks, beech) or exotic tree species (spruce, black locust). A number of domestic studies concluded that the stand's structural diversity might significantly reduce the risk of these abiotic disturbances.

Extreme weather events (late frost, storms, icy rains etc.) can considerably change the structures and microclimate of the forests and may disturb the natural processes as well. The trees and stands weakened by the drought stress become more vulnerable to attacks of pathogens and insects. It has been proven by long monitoring time series that the frequency and severity of droughts play a primary triggering role in oak and beech decline as well as in increasing tree mortality in stands of other tree species. The primary reason of the unprecedented massive outbreak of beech splendor beetle (*Agrilus viridis*), causing mass beech mortality in Southeastern Hungary was almost certainly the long-lasting extreme droughts between 2000 and 2003.

The area of spruce stands has been reduced to ca. 1/3 in the last three decades due to the combined effects of weather extremities (droughts, wind throws) and the bark beetle (mainly *Ips typographus*) outbreaks.

According to almost all climate scenarios, droughts and other weather extremities are likely become even more frequent and/or more severe.

Alien species (pathogens, insects and even vascular plants) are appearing at an increasing rate and some of them may have strong negative effects on forest health. More non-native insect species (feeding on woody plants) have been recorded in Hungary during the last three decades than in the previous 110 years. The trends are similar with forest pathogens as well and there's no reason to expect saturation in their numbers.

The oak mildew (*Erysiphe alphitoides*) was first recorded in Hungary in the early 20th century. Since then, it has become a major problem in oak (mainly *Q. robur*) stands, preventing the natural regeneration and hindering the seedling production in nurseries and the artificial regeneration as well. Dutch elm disease (*Ophiostoma ulmi/novo-ulmi*) caused the mass mortality of native elms (particularly *Ulmus minor*). A similar impact can be expected from the *Hymenoscyphus fraxineus* on ashes.

One of the most recent and potentially extremely dangerous invasive insects is the North American oak lace bug (*Corythucha arcuata*) that threatens 600 thousand hectares of oak ecosystems (health, growth, quantity and quality of acorn crop, oak-related biodiversity etc.) in Hungary and more than 30 million hectares in Europe. It was first recorded in Southeastern Hungary in 2013 and now it can be found in the entire country and is very abundant in the Southern counties. A successful classical biological control program seems like the only option to decrease the negative impact at large scale.

Due to these unfavorable changes mentioned above, Hungarian forests – just like almost everywhere in Europe – are under increased and still increasing pressure manifesting in more frequent and/or more severe damage events, so the health-related risks of forests are even further increasing. The areas damaged by both abiotic and biotic agents have shown increasing trends in the last 50 years.

In the meantime, it is important to understand the connection between forest management and forest health risks, since the management practices in the past and present have very strong, long term impacts on present and future forest health. Forced afforestation on suboptimal poor sites, creating and maintaining large scale even-aged monocultures, following schematized silvicultural prescriptions, deliberate removal

of standing dead wood and “weed” trees and shrubs, all decreased forest diversity and almost directly led to the weakening of resistance of stands and have increased damage risks. Recognizing and admitting the consequences and responsibility of past and present forest management in forest health trends are absolutely vital, since silviculture is probably one of the most efficient ways (if not the only) to decrease future health risks, particularly because there is hardly any chance to turn climate change back or reduce the spread of non-native invasive species considerably in shorter term.

Scenarios foresee unpredictable and even unprecedented abiotic and abiotic calamities events of different types in the future. Reactive options will likely be less efficient in controlling the unforeseeable damage events. Proactive approaches should therefore be considered and implemented. It means that forest management has to build the resistance and resilience of forests in order to reduce the risks and severity of future forest health problems. A paradigm shift in forest protection is therefore becoming inevitable. Some key elements of proactive forest protection approach are as follows:

- Enhanced health monitoring, including drone technology, satellite images, new types of traps, methods molecular species identification etc.
- Involving “citizen science” in monitoring to help early recognition and follow the spread of non-native species.
- Focused research weighted on the ways of reducing health risks. Strengthening international cooperation in forest health science.
- Rapid and efficient knowledge transfer (websites, smartphone applications etc.).
- Diversification of forest management interventions with special attention to allowing natural processes. Forest management should be more differentiated and implemented on a spatially finer scale.
- Rigorous rules must be followed in site/tree species choice during afforestation.
- Implementing diversity-saving or even diversity-reconstructing silvicultural practices.

A general takeaway at the very end: The fate and health of the future’s forests greatly depend on the experts of present times (foresters in practice, education and research etc.) – on what we do and what we do not do. No way out of this responsibility!

ERDŐRENDEZÉS

Veperdi Gábor, Gál János, Horváth Tamás, Kollár Tamás, Kolozs László,
Kottek Péter és Nagy Kinga

Az erdőrendezéstan, mint tudomány

Az erdőrendezés alapvető gyakorlati elveinek kialakulása egyidős a tudatos erdőgazdálkodással (Bondor 1968). Az erdőrendezés – erdőtervezés – a szakmai köztudatban ezért egy összetett gyakorlati tevékenységi körként jelenik meg, amely lehetővé teszi, illetve jelentős mértékben megkönnyíti az erdőgazdálkodást. Azonban – mint minden gyakorlati tevékenység esetében –, az erdőrendezés témakörében is fokozatosan új megoldások, új tudományos eredmények születtek.

Az erdőrendezés szakterületein alapvetően három kutatási helyen – Erdészeti Tudományos Intézet, Erdőmérnöki Kar Erdőrendezéstani Tanszék, Erdőrendezési Szolgálat¹⁸ – folyt tudományos-kutatási tevékenység, egymás munkáját ismerve és elismerve, valamint együttműködve. E munka során kimagasló eredményeket értek el:

id. Greiner Lajos (1796 – 1882): faterméstán;

Feistmantel Rudolf (1805 – 1871): erdőrendezéstan, faterméstán;

ifj. Greiner Lajos (1835 – 1904): faterméstán;

Sóltz Gyula (1837 – 1913): erdőrendezéstan, erdőbecsléstan;

Fekete Lajos (1837 – 1916): erdőrendezéstan, faterméstán, erdőbecsléstan, hozamszabályozás;

Belházy Emil (1840 – 1898): erdőrendezéstan, erdőbecsléstan;

Muzsnay Géza (1865 – 1935) erdőrendezéstan, erdőbecsléstan;

Fekete Zoltán (1877 – 1962): erdőrendezéstan, erdőbecsléstan, faterméstán;

Magyar János (1911 – 2006): erdőrendezéstan, faterméstán, erdőbecsléstan;

Sopp László (1912 – 1993): erdőbecsléstan, faterméstán;

Járó Zoltán (1921 – 2020): „Az egyes termőhely-típusokon alkalmazható célállományok és azok várható növekedése” útmutató kidolgozása;

Solymos Rezső (1929 – 2019): az újkori faterméstán megalapítója;

Király László (1930 – 2004) erdőrendezéstan, faterméstán, erdőbecsléstan, hozamszabályozás;

Mészáros Károly (1954 – 2007): erdőbecsléstan.

Mindemellett a gyakorlatban dolgozó kollégák is jelentős mértékben hozzájárultak e tudományterület műszaki-tudományos fejlesztéséhez, a teljesség igénye nélkül megemlítjük Fadgyas Kálmán, Tóth Miklós, Hajdu Tibor, Ősz Gusztáv, Palotay István és Péti Miklós nevét.

¹⁸Az intézmények és szervezeti egységek elnevezése és szervezeti besorolása az idők folyamán többször változott.

Fatermésztan

Ernst Assmann megfogalmazása szerint „A fatermésztan feladata az erdőben végbemennő növekedési folyamatok mennyiségi mértékének kutatása, összefüggésben az idővel, a termőhellyel és az ember technikai-gazdasági beavatkozásával.”

A fatermésztan önálló tudományterület, amely az erdészeti ágazatban az elsők között alakult ki. Az üzemszerű bányaművelés rendszeres faanyag-ellátottságot igényelt (bányafa, támfa, fűrészáru-választékok stb.), amit a bányák környékén lévő erdőkből biztosítottak. A száz bányavidék erdőségeinek egyenletes és fenntartható használata hosszú távon mindenképpen megfelelő hozamszabályozást igényelt (Carlowitz 1713) – e korszakos gondolatok, a tartamosság és a fenntarthatóság igénye jelentik a tudományra alapozott erdőgazdálkodás magvát, önértelmezését és eredet-történetét.



Fekete Lajos (1837–1916) a 19. századi magyarországi erdőgazdálkodás egyik legnagyobb elméleti szakembere volt, mindmáig az erdészeti tudományok utolsó polihisztoraként tartják számon. Botanikai, erdővédelmi, rovar- és talajtani munkássága mellett kimagaslót alkotott az erdőrendezés, erdőbecslés és erdőérték-számítás terén is. Tudományos eredményei elismeréseként 1910-ben a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjává választották
(Forrás: SOE ETEGI fotóarchívum)

A hozamszabályozás elengedhetetlen alapfeltétele az adott faállományok növekedési törvényszerűségeinek ismerete, vagyis megfelelő fatermészi modellek, fatermészi táblák szerkesztése.

A fatermésztani ismeretek azonban számos egyéb erdészeti szakterületen is felhasználhatók. A mennyiségi változásokat, a növedéket a különböző hatások (ökológiai, genetikai és emberi beavatkozások) függvényében vizsgáljuk, ennek következtében e hatások minősíthetők, illetve rangsorolhatók is, végső soron: a fatermésztan, mint eszköz alkalmazásával ér-

tékelhetők. Ehhez azonban létfontosságú, hogy a növekedési folyamatok tisztán biológiai (az adott fafajra, faállomány-típusra jellemző) törvényszerűségeit feltárjuk.

A fatermésztan egyik legfőbb célja tehát: a faállományok (esetenként: az egyesfák) növekedési modelljeinek, vagyis a fatermészi modelleknek, a fatermészi tábláknak a létrehozása.

„A fák és faállományok növekedési menetének és mértékének az ismerete, az itt érvényesülő természeti törvényszerűségek feltárása teszi lehetővé az erdőgazdálkodás természetközeli eljárásainak, kiemelten az erdőnevelésnek az egész erdei életközösséget figyelembe

vevő alkalmazását. A jövő útját jelentő természetközeli erdő- és fagazdaság ennek hiányában nem valósítható meg. A rendelkezésre álló és a kitermelhető famennyiség ismeretének birtokában lehet csak szakmailag helyesen eldönteni számos ökológiai és ökonómiai vonatkozású kérdést. Ezek a kiemelt jelentőségű tényezők és még számos egyéb szempont a bizonyítéka többek között annak, hogy a fatermési, faállomány szerkezeti és az erdőnevelési kutatások súlya nem csökkent és a jövőben sem csökkenhet.” (Solymos 1998)

Az Erdészeti Kísérleti Állomás (az ERTI elődje) működésének már az első évében, 1899-ben létesített „erdőlési”, vagyis erdőnevelési kísérleteket. Hamarosan megjelentek az első beszámolók, illetve átfogó értékelések is. A hosszúlejáratú fatermési és növedékvizsgálati kísérletek az intézmény fennállása idején a nagy elődök munkájának eredményeként tovább folytak, az 1960-as évek elejétől pedig Solymos Rezső irányításával új lendületet nyertek. Az Erdészeti Tudományos Intézet Erdőművelési és Fatermési Osztályának megalakulása mérföldkövet jelentett a hazai erdőnevelési és fatermési kísérletek terén. 1962-től valamennyi főbb hazai állományalkotó fafajra kiterjedtek ezek a kísérletek, és ezek napjainkban is folynak.

A fatermési és növedékvizsgálati kísérletek alapelveit a kutatók 1962-ben publikálták (Birck et al. 1962).

A kutatási eredmények összefoglalása, illetve a további célkitűzések 1993-ban, a kutatások három évtizedes fennállásakor jelentek meg (Béky et al. 1993).

A faterméstani kutatások helyzetét az érintett kutatók 2018-ban foglalták össze (Kollár et al. 2018), majd a kísérletek közel 60 éves fennállásakor, 2021-ben jelent meg a magyarországi hosszú lejáratú erdészeti tartamkísérleti hálózat fenntartásnak, adatfeldolgozásnak és eredményeinek összefoglalása, részletes irodalomjegyzékkel (Kollár és Borovics 2021).

Az Erdészeti Tudományos Intézet gyakorlatában a hosszúlejáratú kísérletek – újabb elnevezéssel: tartamkísérletek – parcelláinak típusai:

Fatermési parcellák, melyek célja, hogy lefedjék a magyarországi fafajok kor- és termőhelyi spektrumát. A fatermési táblák, illetve a fatermési modellek szerkesztése céljából lettek kitűzve, többnyire egyesével, egy-egy adott elegyetlen vágásos üzemmódú faállomány-típusban, különböző (a gyakorlatban leginkább előforduló) korú és termőhelyi osztályú erdőrészek 100%-os sűrűségűnek ítélt részein. Ezeket a parcellákat üzemi gyérítési elvek alapján kezelik, tehát az országos és helyi gyérítési elveket veszi figyelembe a gazdálkodó, a kísérlet nem befolyásolja az itt végzett erdőművelési munkákat. A parcellák mérete rendszerint 0,25 ha. Minden hasonló módszertannal felvételezett kísérleti parcella fatermési parcellaként is felhasználható, amennyiben lombzata zárt, kora ismert, faállománya túlnyomórészt egy főfafajból áll, és felvételezése folyamatos (pl. kísérleti sorok, intenzív monitoring parcellák, egyéb kitűzések).

Erdőnevelési kísérleti sorok esetében azonos termőhelyen és korban (általában egy erdőrésztelen belül) több parcella található. Ezekben a sorokban található kontroll parcella, ahol tiltott a fakitermelés, egy üzemi gyérítésű parcella, és több különböző mértékben gyérített parcella, melyeken a különböző erélyű nevelővágásoknak a növedék alakulására gyakorolt hatása vizsgálható. Az erdőnevelési kísérleti sorok minimum 4 parcellából

álltak (kontroll, modell szerint, ennél mérsékeltebben, illetve a modellenél erősebben gyéritett parcellákból). Amennyiben az erdőrészlet területi nagysága, illetve faállományának homogenitása lehetővé tette, e parcellák ismétléssel, esetleg többszörös ismétléssel, továbbá differenciáltabb belenyúlási eréllyel lettek betervezve. Az egyes parcellák mérete rendszerint 0,15–0,25 hektár A parcellát védősávval, más néven védőpásztával vették körül abból a célból, hogy a parcella szélén kiküszöböljék az esetlegesen eltérő jellegű nevelővágások következtében fellépő, a parcellán vizsgált jelenségekre gyakorolt hatást. A védőpásztát ebből adódóan ugyanúgy kellett kezelni, mint magát a parcellát. A védőpásztá szélessége – a kísérlet jellegéből, a faállomány korából fakadóan 5–20 m volt, a sorosan ültetett faállományok esetén legalább 3 sor.

Ültetési hálózati kísérleteket az ERTI tervei szerint létesítették, nagyobb területű homogénnek mondható termőhelyű erdőrészletben, különböző ültetési hálózatokban, többszöri ismétléssel, leginkább az ültetvényszerű fafajok (elsősorban erdei-, fekete- és lucfenyő, illetve akác és nemes nyárok) esetében. A kísérletek célja: miképpen befolyásolja a növedék alakulását az ültetési hálózat jellege és a nevelővágások erélye. Az ültetéstől kezdve rendszeres állapotfelmérés, megeredés-vizsgálat történt. Mihelyt a kísérleti tömb faállománya elérte az első tisztítás korát, az egyes hálózatokban – kontroll-parcellák meghagyásával – eltérő erélyű nevelővágások rendszerét tervezték, ismétlésekkel. Az alkalmazott hálózatok számától, illetve ezen belül az eltérő erélyű belenyúlások számától függően egy-egy ilyen kísérleti tömb akár 64 parcellából is állhatott. E parcellák mérete rendszerint 0,1 ha (25 × 40 m) volt, 10 méteres védőpásztával.

Fafaj összehasonlító sorok esetében azonos termőhelyen különböző fafajokkal létesítették az erdőnevelési sorokat vagy ültetési hálózati kísérleteket. Térben távolabbi, de hasonló termőhelyen álló, hasonló korú, de különböző fafajú állományok is vizsgálhatók.

Technológiai sorok esetében valamely erdőnevelési vagy fakitermelési technológia kiprobálására állítottak be erdőnevelési sorokat. Ide tartoznak a tisztítási kísérletek is.

A kísérleti területek egymásra épülve építik fel az országos erdészeti tartamkísérleti hálózatot. Egy kutatási sor adott főfafaj esetében tartalmazza a változatos korú és termőhelyű parcellák és kísérleti sorok összességét, melyek így elméletileg lefedik az adott fafaj országos magassági szórásmezijét (Kollár és Borovics 2021).

A fatermési kísérletek eredményeként közreadott fatermési táblák az alábbiak:

1. táblázat: Az egyes fajok fatermési táblái és azok megjelenési helye

Al-csoport	Fafaj	Szerző	A publikáció címe	Éve	Megjelenés helye
Kemény lombosok	Akác	Fekete Z. – Sopp L.	Mageredetű akácok	1974	Sopp L.: Fatömegszámítási táblázatok, 279–284. o.
		Fekete Z. – Sopp L.	Sarjeredetű akácok	1974	Sopp L.: Fatömegszámítási táblázatok, 285–290. o.
		Rédei K. – Gál J.	Az akácok fatermése	1985	Erdészeti Kutatások 76–77: 195–204.
	Bükk	Mendlik G.	Fatermési vizsgálatok a zalai bükkösökben	1967	Erdészeti Kutatások 63(1–3): 17–28.
		Mendlik G. – Birck O.	Bükköseink fatermési vizsgálata	1968	Erdészeti Kutatások 64(1–3): 31–49.
		Birck O. – Mendlik G.	Mageredetű bükkösök	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 291–296. o.
		Mendlik G.	Bükk fatermési tábla	1983	Erdészeti Kutatások 75: 189–198.
		Kollár T.			terv
	Cser	Hajdú G.	Fatermési vizsgálatok csertölgy-állományokban	1974	Erdészeti Kutatások 69(1): 171–182.
		Sopp L.	Mageredetű cseresek	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 297–302. o.
		Sopp L.	Sarjeredetű cseresek	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 303–308. o.
		Kovács F.	A csertölgyállományok fatermése	1983	Erdészeti Kutatások 75: 179–188.
		Kollár T.			terv
	Gyertyán	Béky A.	Gyertyánosaink fatermése	1970	Erdészeti Kutatások 65(2–3): 51–65.
		Béky A.	Mag- és sarjeredetű gyertyánosok	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 309–314. o.
		Béky A.	Új gyertyánfatermési tábla	1977	Erdészeti Kutatások 72: 33–47.
		Béky A.	Országos fatermési tábla gyertyán állományokra	1983	Erdészeti Kutatások 75: 199–207.
		Kollár T.	alsó és felső szintű		terv
	Kocsányos tölgy	Kiss R.	Mageredetű kocsányos tölgyesek	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 315–320. o.
		Kiss R. – Somogyi Z. – Juhász Gy.	Kocsányos tölgy fatermési tábla	1986	Erdészeti Kutatások 78: 265–282.
		Kollár T.			terv
	Kocsánytalan tölgy	Fekete Z. – Sopp L.	Mageredetű kocsánytalan tölgyesek	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 321–326. o.
		Béky A.	Mag eredetű kocsánytalan tölgyesek fatermése	1981	Erdészeti Kutatások 74: 309–320.
Kollár T.				terv	
Fekete Z. – Sopp L.		Sarjeredetű kocsánytalan tölgyesek	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 327–332. o.	

Az 1. táblázat folytatása

Alcsoport	Fafaj	Szerző	A publikáció címe	Éve	Megjelenés helye
Kemény lombosok		Békly A.	Sarj kocsánytalan tölgyek fatermése	1993	Erdészeti Kutatások 82–83(2): 181–197.
	Gyertyános – kocsánytalan tölgyes	Békly A. – Somogyi Z.	Fatermési tábla optimális szerkezetű gyertyános-kocsánytalan tölgyesre	1995	Erdészeti Kutatások 85: 49–78.
	Kőris	Kovács F.	A kőris fatermése	1973	Erdészeti Kutatások 69(1): 217–222.
		Kovács F.	Mageredetű kőrisek	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 333–338. o.
		Kovács F.	Új kőrisfatermési táblák	1981	Erdészeti Kutatások 74: 321–334.
		Kovács F.	A mag eredetű kőrisen fatermése	1986	Erdészeti Kutatások 78: 225–240.
		Kollár T.			terv
	Nyír	Greiner L. – Sopp L.	Mag- és sarjeredetű nyíresek	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 339–341. o.
		Rumszauer J.	A nyír természetése a somogyi homokon	1984	Doktori értekezés
	Vörösbőlgy	Birk O. – Sopp L.	Mageredetű vörösbőlgyesek	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 342–347. o.
		Rédei K.	Vörösbőlgy fatermési tábla a nyírségi erdőgazdasági tájra	1991	Erdészeti Lapok 126(11): 330–333.
	Szelídgesztenye	Bondor A.	A szelídgesztenye fatermése	1985	Erdészeti Kutatások 76–77: 133–149.
	Fekete dió	Palotás F.	Feketedió-állományok fatermése	1973	Erdészeti Kutatások 69(1): 191–199.
Lágy lombosok	Éger	Adorján J.	Mag- és sarjeredetű égeresek	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 351–356.
	Hazai nyár	Palotás F. – Szodfridt I. – Sopp L.	Mag- és sarjeredetű hazai nyárasok	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 357–362. o.
	Fehér és szürke nyár	Rédei K.	Duna–Tisza közti fehér és szürke nyárasok fatermési táblája	1991	Erdészeti Kutatások 82–83(2): 345–352.
		Szodfridt I – Palotás F.	Hazai fatermési tábláink mint az erdőnevelés segédeszközei	1973	Erdőművelés II., 274–276. o.
	Nemesnyár	Magyar J. – Sopp L.	Mageredetű nemesnyárasok	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 363–368. o.
		Szodfridt I.	Óriásnyár fatermési tábla	1969	
Magyar J. – Sopp L.		Nemesnyár fatermési tábla	1971		

Az 1. táblázat folytatása

Al-csoport	Fafaj	Szerző	A publikáció címe	Éve	Megjelenés helye
Lágy lombosok	Fűz	Halupa L. – Tóth B.	A nyár termesztése és hasznosítása	1988	Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
		Palotás F.	A faalakú fűzek termőhelye és fatermése	1969	Erdészeti Kutatások 65(2–3): 139–151.
		Palotás F.	Mag- és sarjeredetű fűzesek (Baja)	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 399–401. o.
	Ezüst hárs	Hajdú G.	Ezüsthárs (<i>Tilia tomentosa</i> Mönch) fatermési táblázatok	1995	Erdészeti Kutatások 85: 113–124.
		Hajdú G.– Peszlen R. – Veperdi G.	Ezüsthárs (<i>Tilia tomentosa</i> Mönch) fatermési táblázatok – módosítás	2012	Erdészettudományi Közlemények 2(1): 73–80.
Fenyők	Erdéfenyő	Solymos R.	Állományszerkezeti és fatermési vizsgálatok Nyugat-dunántúli erdőfenyvesekben	1966	Erdészeti Kutatások 62(1–3): 47–66.
		Solymos R.	Az erdőfenyő-állományok fatermése Magyarországon	1972	Erdészeti Kutatások 67(1): 203–232.
		Solymos R.	Erdei fenyvesek	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 372–377. o.
		Solymos R.	Erdőfenyő országos fatermési tábla	1993	Erdészeti Kutatások 82–83(2): 357–382.
	Feketeenyő	Faragó S.	A feketeenyvesek fatermése a nagyalföldön	1970	Erdészeti Kutatások 65(2–3): 25–39.
		Kovács F.	Helyi fatermési tábla a dunántúli feketeenyvesekre	1970	Erdészeti Kutatások 65(2–3): 41–44.
		Solymos R.	A feketeenyő fatermése és állományszerkezeti viszonyai Magyarországon	1973	Erdészeti Kutatások 68(1): 155–174.
		Solymos R.	Feketeenyvesek	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 378–383. o.
		Faragó S.	Feketeenyvesek (Duna–Tisza köze)	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 402–407. o.
		Kovács F.	A feketeenyő fatermése	1985	Erdészeti Kutatások 76–77: 175–190.
		Kovács F. – Veperdi G.	A feketeenyő fatermése és erdőnevelési modellje	1993	Erdészeti Kutatások 82–83(2): 328–344.
	Lucfenyő	Solymos R.	Új fatermési táblák a magyarországi lucfenyvesekre	1968	Erdészeti Kutatások 64(1–3): 7–30.
		Solymos R.	A lucfenyő-állományok szerkezetének és fatermésének vizsgálata	1973	Erdészeti Kutatások 69(1): 125–143.
		Solymos R.	Lucfenyvesek	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 384–389. o.
	Vörösfenyő	Tuskó L.	Vörösfenyvesek	1974	Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok, 390–395. o.

E fatermési táblák szerkesztési menetét a Fatermésstan elméleti és gyakorlati oktatási segédanyag (Veperdi 2008) ismerteti. A táblák szerkezete az évek folyamán folyamatosan változott. 1974-ben Sopp egységesítette a különböző ERTI táblákat és saját tábláit, a főállomány és a mellékállomány feltüntetésével. Az utolsó egységesebb szerkesztési elv az 1980-as és 90-es évekbeli táblákra jellemző (főállomány, mellékállomány, egészállomány feltüntetése). Az új táblák élőállomány és mellékállomány felosztásban készülnek csak, visszatérve a Sopp-féle rendszerhez.

Az adatokat szabályos állományokból kell gyűjteni. A különféle erdőalakok szabályos képe tudvalévőleg más és más. Fatermési táblát azonban csak az egykorú erdőre készítettek, mert más erdőalakra nézve ebben a tekintetben a nagy változatosság miatt legyőzhetetlen nehézségek vannak. Minthogy a fatermési tábláknak minden előforduló termőhelyet fel kell ölelniük, azért az adatgyűjtést is a legkülönfélébb termőképességű területekre kell kiterjeszteni a legjobbtól a legsilányabbig (Fekete 1951).

Az elegyes faállományokra táblázatos megjelenítésű fatermési táblát eléggé bonyolult szerkeszteni, mivel nyilvánvaló, hogy minden elképzelhető elegyedési arány nem jeleníthető meg. Történt azonban egy ilyen kísérlet: Béky Albert – Somogyi Zoltán közreműködésével – 1995-ben adott közzé egy gyertyános-tölgyes – alapvetően normatív modell jellegű – fatermési táblát. Gyertyánra új alsó és felső szintű tábla készül. Alsó szintes táblát jobban lehet második lombkoronaszintű állományok becslésére használni, illetve nem kell megadni így konkrét elegyarány párt, mint az 1995-ös tábla esetében.

A számítástechnika térnyerésével a táblázatos formájú fatermési táblákat fokozatosan felváltják a fatermési függvényrendszereken alapuló önálló algoritmusok, programok. A fatermési táblák függvényesítését, a fatermési függvények rendszerének kidolgozását – Király László javaslata alapján – Gál János végezte el (Gál 1986).

A táblázat mellett részletes számítási menetet kell megadni. Több régebbi táblánál ez nem lett megfelelően publikálva, így a táblák nehezen függvényesíthetők. Függvényekkel szintén megoldható, hogy a táblák fix periódusa helyett változtatható periódusokra kapjunk táblákat (pl. 1–2–...–5–...–10... éves periódusok, vagy akár fatermési modell korszakai alapján). Az új táblák már így készülnek.

A hosszúlejáratú erdőnevelési kísérletek ismételt felvételi adatai, valamint a már kiadott és részben alkalmazott erdőnevelési modellek gyakorlati tapasztalatainak a felhasználásával a Solymos Rezső által vezetett Erdőművelési és Fatermési Osztály (ERTI) kutatói elkészítették az új erdőnevelési modelltáblákat:

- bükk – Mendlik G. (1980, 1986),
- akác – Halupa L., Kiss R., Rédei K. (1980),
- tölgyes-bükkösök – Mendlik G. (1979),
- cser – Kovács F. (1980),
- gyertyán – Béky A. (1980),
- gyertyános tölgyesek – Béky A. (1980),
- kocsánytalan tölgy – Béky A. (1980),
- kocsányos tölgy – Kiss R. (1980),
- kőris – Kovács F. (1980),

fűz – Halupa L. (1980),
 éger – Halupa L. (1980),
 hazai nyárák – Halupa L. (1980),
 nemes nyárák – Halupa L. (1980),
 erdeifenyő – Solymos R. (1980), Solymos R., Veperdi G. (1992),
 feketefenyő – Solymos R. (1980), Kovács F., Veperdi G. (1992),
 lucfenyő – Solymos R. (1980),
 cseres-tölgyesek, tölgyes-cseresek – Béky A., Hajdu G., Kovács F. (1986).

Ezek az erdőnevelési modellek az új fatermési táblákhoz kapcsolódva fatermési osztályonként tartalmazzák az erdőneveléssel kapcsolatos legfontosabb adatokat: a nevelővágások után lábon maradó faállományrész (főállomány) szerkezetének fontosabb adatait és a vágáskort. Fontos megjegyezni, hogy e modelltáblák szándékosan nem tartalmazzák a mellékállomány fatérfogatát, kiküszöbölve ezáltal, hogy e modelltáblák az esetleges túlgyérítéshez szolgáljanak alapul.

A kutatók munkáját egyrészt a Magyar Tudományos Akadémia 1979-ben akadémiai díjjal ismerte el, másrészt a Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium 1983-ban a gyakorlati bevezetésre javasolt tudományos eredmények pályázatán az erdőnevelési modelleket első díjban részesítette.

Az erdőnevelési modelltáblák egységes kiadásban elsőként a „Fatermesztési műszaki irányelvek” sorozat IV. Erdőnevelés c. füzetében jelentek meg, az Agroinform kiadásában, 1984-ben. Összefoglalva – részben módosítva – Solymos Rezső, „Erdőfelújítás és -nevelés a természetközeli erdőgazdálkodásban” című könyvének függelékében található meg (Solymos 2000).

A jövő egyik fő célkitűzése, hogy az adatok alapján még pontosabbá tegyük a már publikált fatermési táblákat és modelleket. *Egységes szerkezetű és korszerű, új módszerekkel szerkesztett fatermési táblákra, illetve fatermési függvényrendszerre van szükség.*

A fatermés tan további jövőbeni feladatai közül az alábbiakat emelnénk ki, amelyek egyre aktuálisabbak:

- az elegyes faállományok fatermesésének vizsgálata;
- az örökzöld fatermesésének vizsgálata;
- a termőhely és a fatermes közötti összefüggések vizsgálata;
- az egyesfa- és faállomány-növekedési modellek, növedéktáblák szerkesztése.

A reális növekedési modellek, növekedési függvények csakis a terepen mért adatok alapján szerkeszthetők, és a modell szerkesztésének alapját képező adatbázis nagymértékben meghatározza e modellek valóságértékét. Ennek során természetesen a korábban gyűjtött, és rendelkezésre álló terepi adatok is felhasználhatók, azonban gyakran előfordul, hogy egy-egy konkrét célfeladat vizsgálata céljából újabb adatokra van szükség. Többek között ez indokoltá teszi a hosszúlejárati kísérleti területek fenntartását, karbantartását, és rendszeres felvételét, illetve az eddigi felvételi adatok megőrzését, gondos archiválását.

Szisztematikus hosszúlejárati monitoring rendszerként tekintendő az NFK Igazgatósága által korábban működtetett FNM, illetve ennek továbbfejlesztése, az NFI. Az itt

begyűjtött adatok feldolgozása és összesítése – faterméstani szempontból – *elsősorban a faállományok növekedésének vizsgálatát segíti elő*, de ezzel egyenértékűen jól hasznosítható a helyi fatermési táblák szükség szerinti szerkesztésétől az elegyes faállományok fatermésének vizsgálatáig. E mintakörök létesítési és fenntartási, működtetési elvei természetesen különböznek az Erdészeti Tudományos Intézet hosszúlejáratú kísérleti területeitől, ám mindemellett értékes alapanyagul szolgálnak a további faterméstani vizsgálatokhoz.

A fentiek alapján alapvető fontosságúnak tartjuk a főbb faterméstani kérdések vizsgálatára a három kutatóhely – Erdészeti Tudományos Intézet, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kara, NFK Erdészeti Igazgatóság – összefogását, megfelelő munkamegosztással. Hosszú távon célszerűnek tűnik egy közös adatbázis létrehozása.

Erdőbecsléstan

A gazdasági rendeltetésű – elsősorban a faanyag megtermelésére szolgáló – erdők hozamának, fatermésének ismerete elengedhetetlen, mivel a megtermelt faanyag mennyiségének és minőségének ismerete alapján lehet csak további gazdasági döntéseket hozni az előhasználat, a véghasználat, illetve az értékesítés vonatkozásában. A megfelelő előhasználati technológia – a nevelővágások gyakorisága, erélye – csak a főbb faállomány-szerkezeti tényezők ismeretében tervezhető. De úgyszintén ismernünk kell a véghasználat előtt álló faállományunk hektáronkénti élőfakészletét, méretcsoportok szerinti eloszlását stb., hogy a fakitermelési, szállítási és értékesítési munkálatokat előre és nagy biztonsággal meg tudjuk tervezni.

A főbb faállomány-szerkezeti tényezőket (kor, záródás, sűrűség, elegyarány, átlagos magasság, átlagos átmérő, hektáronkénti törzsszám, körlapösszeg, fakészlet, átlag- és folyónövedék) nem csupán a gazdasági rendeltetésű erdőkben szükséges meghatározni, hanem az egyéb – védelmi, rekreációs, örökerdő stb. – erdők esetében is, mivel az esetleges fenntartási munkálatok e tényezők ismerete esetén tervezhetőek.

Az egyesfák méreteiből – mellmagassági átmérő, famagasság – számítjuk ki azok köbtartalmát. Már a 19. század utolsó harmadában készültek fatömegtáblák. Ezek egyike – a Grundner–Schwappach-féle fatömegtábla – Magyarországon az 1960-as évek elejéig használatban volt. E fatömeg-táblázatok lényege: a mellmagassági átmérő és a famagasság alapján a táblázatból kikereshető az adott méretű egyesfa köbtartalma (köztes adatok esetén interpoláció szükséges).

Az 1960-as évek elején az Erdészeti Tudományos Intézetben Solymos Rezső vezetésével megújult a faterméstani kutatás. Ennek az időszaknak egyik kimagasló eredménye a Sopp László által szerkesztett, 1970-ben (és 1974-ben) megjelent „Fatömegszámítási táblázatok”. Sopp László megfogalmazása szerint a fatömeg-táblázatok pontosságának feltétele a tervszerű statisztikai adatgyűjtés. A táblázatok összeállításakor – törzselemzésekkel együtt – összesen 30 000 faegyedet vizsgáltak meg, valamennyi fő állományalkotó fajtát beleértve.

A táblázatok gyakorlati alkalmazása – mint minden táblázaté – eléggé nehézkes. A számítástechnika fejlődése és a gyakorlati életben való elterjedése lehetővé, sőt szük-

ségessé tette a fatérfogat-számítás algoritmizálását, gépesítését. Magyarországon ennek megfelelően a cél a Sopp-táblák függvényesítése volt. Ezt a munkát Király László professzor végezte el. Az első függvényesítésre 1966–67-ben került sor. A megelőző vizsgálatok kimutatták, hogy egyes – főleg régebbi – fatömegtáblák esetében az átmérőn és a magasságon értelmezett fatömegfelület nincs megfelelően kisimítva. Gondot jelentett, hogy összesfára jól alkalmazható függvényt a szakirodalomban nem sikerült találni. A Király László által kidolgozott kétváltozós fatérfogat-függvényt az erdőrendezési gyakorlat 1968-tól használja. Egy 1981. évi kutatási jelentés (*Király László: Hazai fatömegtábláink függvényesítése, Sopron, 119 oldal*) megismételte a függvény-illesztést az új fatömegtáblákra is kiterjedően, és a gyakoriság figyelmen kívül hagyásával. A paraméterek pontosítását Fadgyas Kálmán végezte az ország erdeire vonatkozó tényleges gyakorisági adatok figyelembe vételével.

Az Állami Erdészeti Szolgálat (és utódintézményei) által működtetett FNM (Faállományok Növekedésének Megfigyelése) és NFI (szisztematikus erdőleltár) hálózat többévtizedes működtetése során felgyülemlett adatokból egyváltozós fatérfogat-meghatározási módszer került kidolgozásra (Kolozs et al. 2012, 2017). A módszer a már régóta használt ún. „fatömeggörbés” köbözési módszeren alapul. (A bajor erdőrendezők már a 19. század közepétől, Magyarországon pedig a 19. század végétől alkalmazták az erdőbecslési munkák során.) Egy meghatározott szempontok szerint kiválasztott mintafacsoport mintafáinak térfogatát kell függvényesíteni azok mellmagassági átmérőinek függvényében. Ezt követően az álló fák köbözéséhez e módszer alkalmazásával elegendő a terepen csak a fák mellmagassági átmérőjét megmérni, és ebből kiszámítható azok térfogata.

A magasságmérés elhagyása jelentős mértékben csökkenti a terepi adatfelvételi munkákra fordított időt (és ennek következtében: a költségeket), valamint kiküszöböli a téves magasságmérésekből fakadó hibákat. Az utóbbi időben az egyváltozós függvénnyel történő becslés – Palotay István nyomdokait követve – elsősorban a szálaló, illetve az átalakító üzemmódú faállományok, erdőtümbök esetén terjedt el az Erdészettudományi Közlemények 2012/1. számában közölt cikkben ismertetett, erdészeti nagytájakra kidolgozott tarifarendszer alapján. A szálaló, illetve az átalakító üzemmódok esetén nem annyira az élőfakészlet, mint inkább a növedék meghatározása a fontosabb. Erre a célra mindenképpen alkalmas az egyváltozós becslési eljárás.

A vágásos üzemmódú erdők esetén a gazdálkodó az előhasználatokat, illetve a véghasználatot megelőzően vágásbecslést végez, amelynek során meghatározásra kerül a használat során kikerülő bruttó fatérfogat. E munkák során magasságmérés szükséges, mivel a köbözés kétváltozós módszerrel (Sopp-tábla, Király-függvény) történik. Pontos magasságmérés esetén e módszer kétségkívül kisebb hibaszázalékkal adja meg a bruttó fatérfogatot, ám a magasságméréskor ejtett esetleges hibák jelentős tévedéshez vezethetnek az élőfakészletet illetően. Részint ezeknek az esetleges hibáknak a kiküszöbölése, részint pedig a vágásbecslésre fordított terepi munka csökkentése vetette fel az igényt a vágásos üzemmódban is alkalmazható olyan vágásbecslési módszer kidolgozására, amely nem igényel magasságmérést.

Az egyváltozós függvényrendszer kisebb módosításaival a megbízó erdőgazdaságok által megadott területi egységekre és fafajokra (fafajcsoportokra) helyi tarifarendszerek kerültek kidolgozásra (Veperdi et al. 2019).

Megjegyzendő, hogy mind a Sopp-tábla, mind pedig az adatai alapján készített fatérfogat-függvények egy faegyed köbtartalmának becslése esetén kevésbé pontos, egy faállomány fatérfogatának becslése esetén viszont már megközelítő pontosságú eredményt ad.

Az erdőbecslés tantervi munkaműveleteinek korszerűsítését elsősorban a rendelkezésre álló eszközök fejlesztése jelentette, ami idővel a gyűjtött adatok feldolgozásának új lehetőségeivel bővült. A hagyományos mérőeszközök az állomány-szerkezeti leírást az egyes fa adatainak becslésével tették lehetővé. A mellmagassági átmérő és a famagasság, mint alapvető bemeneti adatok szolgáltak. Mindkét mérés esetében az analóg, egyszerű műszerek voltak jellemzőek a korai erdőbecslésben, habár a terepi adatrögzítés területén a különböző regiszteres átlalók technikai újdonságnak számítottak az 19. század végén. A gyakorlat azonban mégis azt mutatta, hogy az egyszerűbb felépítésű, megbízható működésű átlalók a gyakorlati erdőbecslést hatékonyabban szolgálják.

A függőleges méretek, mint a famagasság meghatározására használt műszerek választéka a mérési módszereknek megfelelően jóval szélesebbnek mondható. A távolságfüggő magasságmérés esetében a vízszintes távolság meghatározásának módja a lejtőszög-ferde távolság mérésétől a közvetlen vízszintes távolságmérésig az elmúlt évszázadban jelentősen változott. Amíg külső bázist alkalmazó távolságfüggetlen magasságmérő eszközök használata elterjedt a gyakorlatban, komoly előrelépést jelentett a távolságmérő prizma használata. Segítségével könnyen és kellő pontossággal állapítható meg ferde távolság, amely szintvonalban történő famagasság-mérés esetén egyenértékűnek tekinthető a vízszintes távolsággal. Az ilyen elven működő Blume-Leiss, vagy Haga famagasságmérők sok helyen még ma is alkalmazásban vannak. A pentaprizma alkalmazása a felsőátmérő mérésének is új teret nyitott. A hazánkban kevésbé alkalmazott nagy pontosságú Barr and Stroud által gyártott dendrométer segítségével a felsőátmérő a gyakorlat számára megfelelő pontossággal becsülhető (Bell és Groman 1971).

Mind az átmérő meghatározásánál, mint pedig a függőleges méretek becslésénél a mikroelektronika alkalmazása jelentős fejlődést biztosított. Az elektromágnesség, a hang- és fényhullámok terjedésének mérése gyorsabb és pontosabb mérést tették lehetővé. A digitális adattárolás a hazai erdészeti kutatásban és gyakorlatban már az 1980-as évek első felében megjelent. A terepen történő adatrögzítést és feldolgozást a mikroszámítógépek megjelenése segítette. A Psion Organiser zsebszámítógéppel együttműködő digitális átlalók hazánkban is ismertek voltak. Az ultrahangos távolságmérést alkalmazó műszerek napjainkra kompakt, jól használható eszközökké fejlődtek. Habár az első kereskedelmi forgalomban is kapható lézeres távolságmérő eszköz már az 1960-as években megjelent, az erdőbecslésben való gyakorlati alkalmazására még várni kellett.

Az erdőbecslési mérés technika fejlődése a mérési funkciók integrálásában is megmutatható. Az analóg műszerek korában is megfigyelhető volt egyfajta integráció, azonban a kifejezetten az erdészeti gyakorlati alkalmazást célzó fejlesztést, és a gyakorlat számára is könnyen és sokoldalúan használható műszer megjelenését Walter Bitterlich 1947-ben

leírt szögszámláló mintavételének megjelenése tette lehetővé. A módszer leírását követően 1955-ben jelent meg az első olyan dendrométer, amely távolságmérést, fmagasságmérést és átmérő- illetve felsőátmérő mérést is lehetővé tett. A hazánkban is elterjedt MS skála mellett később a WS-széles skála, a CP skála és az AS-amerikai skála is elérhetővé vált. A műszer sokoldalúságának és használhatóságának köszönhetően napjaink egyik legelterjedtebb erdőbecslési műszere, mindamelllett, hogy különböző gyártók hasonló digitális műszereket dobtak piacra az elmúlt években. Ilyen a Criterion RD 1000 digitális relaszóp, amelynek előnye, hogy lézeres távolságmérő műszerrel közvetlenül kombinálható, így egyszerűsítve a távolság mérést.

A vastagsági növedék meghatározása egyesfák esetében a növedékfűrők és növedékalapácsok segítségével a 20. század első felében is lehetséges volt. Az analóg mintafeldolgozást a képelemzésen alapuló számítógép alkalmazások segítségével akár törzselemzéseket is készíthetünk, de a növedékcsapok kiértékelése helyett kisebb fertőzéskaput nyitó fúrasellenállásmérők segítségével is végezhetünk évgűrű-elemzéseket.

Az erdőbecslés lehetőségeit napjainkban a különböző térinformatikai alkalmazások, a globális helymeghatározás fejlődése és a rendszerfejlesztések határozzák meg leginkább. A egyes digitális műszerek segítségével a terepen gyűjtött adatok közvetlenül felhasználhatók az erdőtervezésben. A zsebszámítógépek szerepét napjainkra teljes mértékben átvették a különböző szenzorokkal felszerelt mobiltelefonok. Segítségükkel fmagasság, körlapösszeg, vagy kiegészítő érzékelőkkel távolságmérés is végezhető. A gyűjtött adatok az internetes mobilhálózaton keresztül a vállalati információs rendszerében rögzíthető, mindez természetesen térképi információkkal párosítva. Lehetőségünk van a digitális átlalók segítségével részletszintű adatok rögzítésére fafajonként, vagy fmagassági görbék szerkesztésére is. A Haglöf Sweden által gyártott lézeres és ultrahangos fmagasságmérő műholdas helymeghatározó rendszerrel rendelkezik, amelynek segítségével közelítő utakat jelölhetünk ki és rögzíthetünk térképen. Kijelölhetünk becslési mintapontokat, mintaterületeket. Szükség esetén akár faapríték térfogatának meghatározására is lehetőséget biztosít. Az ultrahangos távolságmérés az állandó sugarú, koncentrikus körös vagy változó mintakörös becslés támogatására ideális műszer olyan faállományokban, ahol fejlett a cserjeszint. A rendszerbe illesztett digitális átlalóval a mintavételes becslések gyorsan és hatékonyan végezhetőek.

A digitális rendszerek természetes módon elősegítették a különböző nagyterületi erdőleltározási rendszerek vagy monitoring rendszerek üzemeltetését is.

Az erdőbecslés és a faállomány-szerkezeti paraméterek meghatározásának új lehetőségeit biztosítják a különböző távérzékelési rendszerek, eljárások. Bár analóg fotogrammetriai eljárások már a múlt században is rendelkezésre álltak mind az egyesfa méreteinek meghatározásában, mind pedig a térképezésben, a földi illetve légi lézeres letapogatás (Brolly et al. 2021), vagy laser scanning, kombinálva UAV – pilóta nélküli repülőgép használatával akár egyed alapú faállománymodellek létrehozását is lehetővé teszik. E módszerek eddig soha nem látott adatgazdagsággal szolgálnak: a faállomány-szerkezetet leíró változók részletes térbeli eloszlását, szubjektív észlelési hibáktól mentes becsléseket, a felmérések gyakori ismétlését ígérik. A távérzékelés kibővíti a faállomány-szerkezetet leíró fogalmak repertoárját (pl. növértfogot, a záródás szerkezete, a faegyedek rendeződése a

lombkoronaszakaszban stb.). A módszerek jelenleg kísérleti stádiumban járnak, egyes eljárások már az üzemszerű bevezetés határán. A jelenleg folyó erdőtervezési munkák során már lehetőség nyílik a megfelelő felbontású légifényképek illetve űrfelvételek segítségével a megfelelő pontosságú automatikus fafajfelismerésre. A fejlesztési munkában egyszerre kell megoldani a zavarba ejtő adatbőség kezelését és a mindennapi igazgatási és gazdálkodási felhasználás döntés-orientált adatigényének kiszolgálását, integrálni a távérzékelt eredményeket a klasszikus faterméstan módszereivel és fogalmaival (pl. megoldani a korosbitás és növedékesítés problémáját, torzítatlanul becslni az átlagmagasságot, biztosítani a faállományokra és az erőállomány egészére vonatkozó adatok idősoros koherenciáját és összehasonlíthatóságát stb.); kiterjedt terepi (hagyományos) mérésekkel kalibrálni a távérzékelt becslések helytállóságát és igazolni megfelelőségüket, és nem utolsósorban elnyerni a szakközönség új módszerekbe vetendő bizalmát.

A klasszikus magyar faterméstan eredmények szisztematikusan tervezett, kiterjedt és hosszú időn át fenntartott kísérleti hálózat adataiból építkeztek (egyefa-szinten Sopp



László világviszonylatban is kiemelkedő alaposágú xylometriai kísérleteire, illetve faállomány-szinten ERTI hosszúlejárátú tartamkísérleteire gondolunk, lásd Brick et al. 1962). Kulcsfontosságú lenne, hogy az erdőbecslést új alapokra helyező távérzékeltési módszerek is hasonló fundamentummal rendelkezzenek, de egyelőre sem szervezeti, sem módszertani szempontból nem látszik a megoldás.

A fatermési táblák grafikus megjelenítési formái a *nomogramok*. A szemléltetésnél azonban jóval nagyobb az erdőbecslési jelentőségük. Különösen nagy erdőbecslési használati értékkel bírtak még a kis-méretű, terepen is könnyen használható számítástechnikai eszközök megjelenése előtt, mivel lehetővé tették a faállomány kora és átlagmagassága alapján a szabályos hektáronkénti fakészlet és körlapösszeg grafikus interpolációját, így a gyors terepi becslést. Ezeket a szabályos értékeket a sűrűséggel (illetve az elegyarányal) megszorozva könnyen és gyorsan becsülhető volt a pillanatnyi hektáronkénti fakészlet.

A fatermési táblákról szóló áttekintésből láthattuk, hogy már az egészen korai fatermési táblák szerzői is éltek azzal a

Fekete Zoltán (1877–1962) elsősorban erdőbecslési, faterméstan és faállomány-szerkezeti, ezek összegződéseként pedig erdőérték-számítási és erdőrendezési kérdésekkel foglalkozott. Tudományos eredményei elismeréseként 1941-ben a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjává választották. Levelező akadémiai tagsága mellett az Akadémia Erdészeti Bizottságának elnöke is volt. A kép egy terepi szakmai előadása során készült 1936-ban (Forrás: SOE ETEGI fotóarchívum)

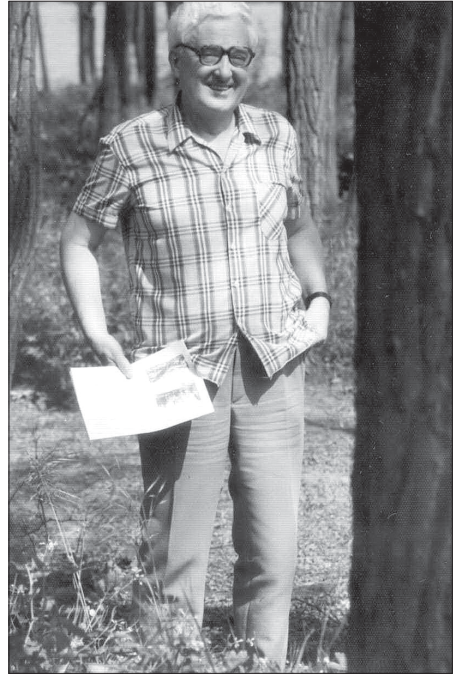
lehetőséggel, hogy fatermési tábláik egy-egy adatsorát könnyebben áttekinthető formában, grafikus módon is ábrázolják. Ezek az estek nagy részében a szerkesztés során az adatok kiegyenlítéséhez kelletek, és csak másodlagosan szolgálták az adatok szemléletesebb ábrázolását. Elsőként Schwappach alkalmazta fatermési tábláinak kiegészítéseként a grafikus formát. A hazai szerzők közül elsőként Fekete Zoltán alkalmazta 1945-ben tölgyre vonatkozó fatermési tábláinak rajzárbrás alakban való megjelenítését. Ezek a grafikonok mutatnak ugyan némi hasonlóságot az általunk ismert nomogramokhoz, ám egyszerű szerkezetük révén attól teljesen elütnek.

A mai értelemben vett grafikus fatermési táblákat elsőként Király László alkotta meg (Király 1964, 1966).

Az 1970-es Üzemtervezési Útmutatóhoz kiadott nomogramok függvényalakja vonatkozásában Gál János az alábbiakat írja (Gál 1986): „Az 1971-ben kiadott nomogramok alapját (Kiss Rezső kocsányos tölgy fatermési táblája kivételével) mértani sorozatos fatermési osztályozó görbéket tartalmazó fatermési táblák képezték. ... A függvényesítés szempontjából a leglényegesebb az, hogy a szórásképet két, egymással csak statisztikai kapcsolatban lévő görbe határolja. Ha sikerül a felső és az alsó határológörbét ... függvényesítenünk, akkor bármelyik fatermési osztály görbéjét előállíthatjuk a mértani sorozat módszerével.”

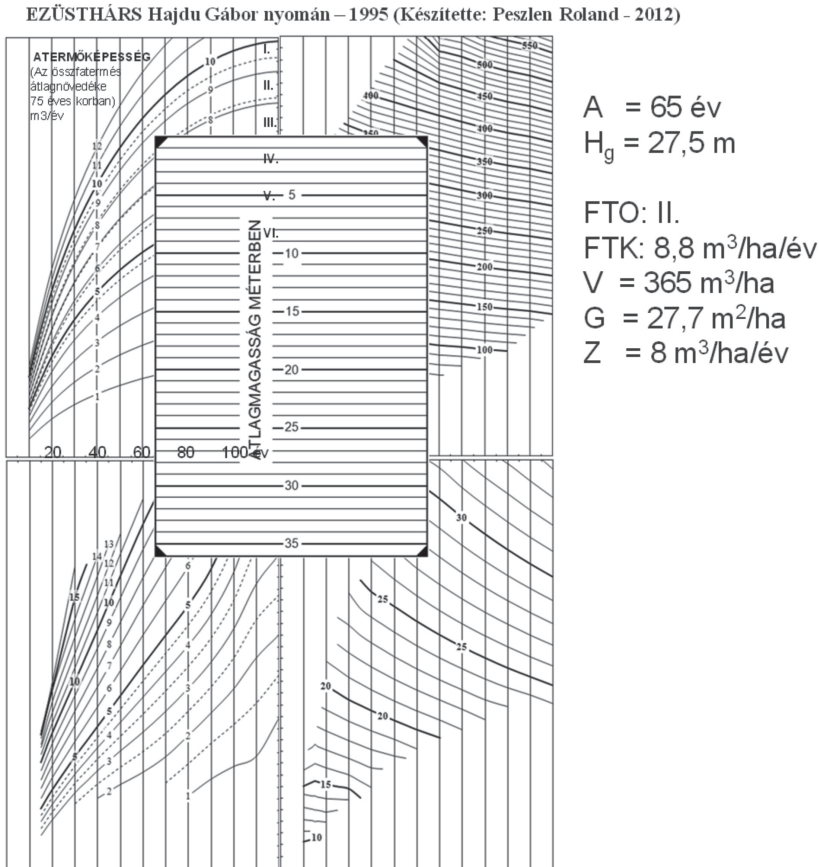
Az első kiadású nomogramok az alábbi négy mezőt tartalmazzák:

- bal felső sarok: fatermőképeség és fatermési osztály a kor és az átlagmagasság függvényében;
- jobb felső sarok: hektáronkénti fakészlet a kor és az átlagmagasság függvényében;
- bal alsó sarok: folyónövedék a kor és az átlagmagasság függvényében;
- jobb alsó sarok: a hektáronkénti körlapösszeg a kor és az átlagmagasság függvényében



Király László (1930–2004) 7 éves erdőrendezői, majd 18 éves minisztériumi munkáját követően 1978-tól 1995 végéig, az Erdészeti és Faipari Egyetem oktatójaként tevékenykedett, 1979-től kinevezett tanszékvezető egyetemi tanárként erdőrendezést, informatikát, erdőbecslést és fatermést tanított. E diszciplínák mindegyikében maradandót alkotott. Külön kiemelendő a hosszú távú erdészeti termelés-szabályozás terén végzett kutatómunkája, mely széles körű nemzetközi elismerést is kapott. A fénykép 1988 májusában, az 5. éves erdőmérnök hallgatók zárótanulmányútján készült (Fotó: Babiczki József)

Az újabb típusú nomogramok szerkesztése alapvetően abban különbözik, hogy nem az egészállomány, hanem a főállomány adatsoraiból végezzük az előbbi alfejezetben ismertett számításokat, továbbá ez a nomogram kétoldalas, tehát összesen nyolc diagramot tartalmaz. Ez utóbbiak: gyérítés visszatérési ideje, mellékállomány fatérfogata, törzsszám, átmérő. E nomogramok adatsorait Gál János számította ki, majd publikálta kandidátusi disszertációjában (Gál 1986):



Az ezüst hárs nomogramja (Peszlen 2012)

A nomogramokat 1971 és 1995 között sokszorosította az Egyetem a főbb hazai faállomány-alkotó fafajok vonatkozásában. (A legutóbbit – az ezüst hársra – Peszlen Roland készítette 2012-ben „Ezüsthárs grafikus fatermési tábla szerkesztése” című diplomatervében.)

Megjegyzendő, hogy az Erdőrendezési Szolgálat a mai napig az első nomogramokról leolvasott – az egészállomány fakészletét feltüntetett – fatermési táblákat használja az erdő-

becslési eljárások alkalmazása során. A nyolcvanas években digitalizált táblák hibáira Kottek mutatott rá és azokat végül Tobisch Tamás digitalizálta újra, illetve javította ki 2021-ben.

A technika fejlődése lehetővé tette a gyorsabb, hatékonyabb és pontosabb adatgyűjtést. A számítógépes rendszerek segítségével ezeket az adatokat modellekbe rendezve erdészeti növekedési modelleket, különböző dinamikus faállomány modelleket is létrehozhatunk. A rendelkezésre álló számítógépes kapacitás lehetővé teszi akár az egyesfa alapú távolságfüggő növekedési modellek működtetését is. Ilyen gyakorlati döntéshozatal támogatására is alkalmas modell a Sibyla növekedési modell (Fabrika 2005). Ezen modellek segítségével akár létrehozhatók fatermési táblák is.

Az erdőbecsléstani kutatások jövőbeni fontos feladatai között megemlíthető az egyes erdőkre, illetve az örökérdőkre vonatkozó speciális erdőbecslési – körös, illetve szög-számláló mintavételen alapuló, estenként kombinált – eljárások kidolgozása.

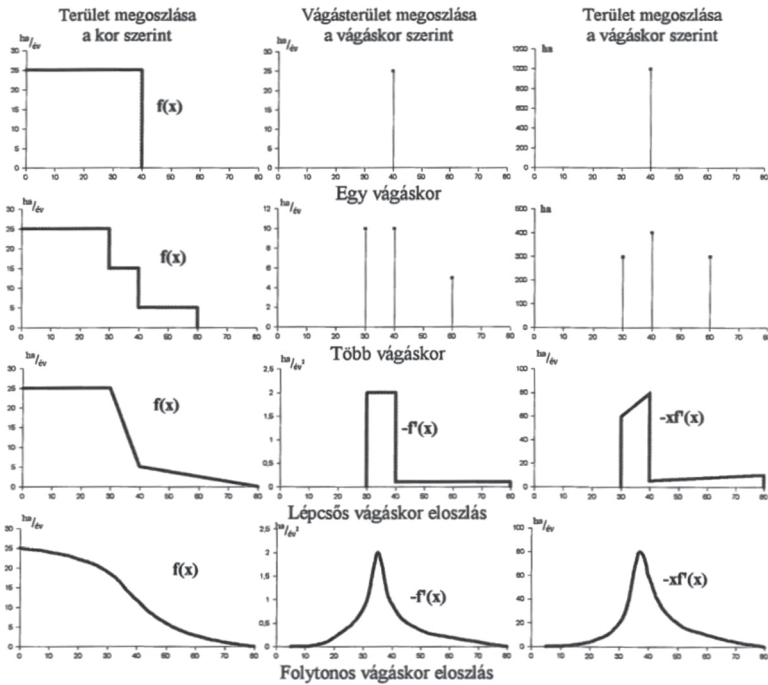
Hozamszabályozás

Az erdőállomány állapotának leírása és fejlődésének jövőbe vetítése a 18. századi német erdészeti klasszikusoknál (Carlowitz 1713) a fahozam (tehát a naturáliák) folyamatos biztosítása miatt lett vezérlő gondolat. Az intenzív bányaművelés faanyag-igénye miatt a bányavidékeken megfogyatkoztak az erdők, így a korlátozottan rendelkezésre álló erőforrást be kellett osztani: létrejött a térszakolás módszere, „a fenntarthatóság (Nachhaltigkeit) fogalma, amit jóval később a magyar erdészeti nyelvújítók tartamosságra fordítanak” (Mátyás 1994), a felvilágosult abszolutista monarchák pedig mindezt erdőrendtartásokba foglaltatták. A célkereszt egy évszázad alatt mozdult el a naturáliák biztosítása felől a tartamos pénzügyi haszon felé, ebben a szellemben az erdőből kamatlábak szöknek szárba, s az erdő, mint befektetési forma lett érdekes. Majd a tartamosság értelmezése kibővült a nem materiális javakkal, a jóléti funkciókkal, a génmegőrzéssel, a sokféleség, az ellenállóképesség megőrzésével, a klímarezisztenciával – s eljön az ökológiai fenntarthatóság kora, a fenntarthatóság modern értelmezése, amin belül a szűken vett tartamosság a fahozamok hosszú távú újratermelését jelenti.

A magyar erdészeti szakirodalomban a hozamok szabályozásának modern módszerei a II. világháború előtt jelentek meg. Az első magyar vágásbesorolási rendszert (a hagyományos térszakoláson túlmutató mérlegelési koncepciót) Ajtay Viktor m. kir. főerdőmérnök vezette elő (Ajtay 1937), majd ő volt a társszerzője az 1948-as ideiglenes erdőtervezési utasításának is (MALERD 1948). A szakmai közgondolkodás ez idő tájt „mondott le a klasszikus – egy vágáskorú – üzemosztály alkalmazásáról, bevezetve a vágásérettségi kor erdőrészletenkénti meghatározását” (Király 1995). Tény, hogy az 1948-ban kiadott, üzemszintű, 30 évre előre tekintő, a 10 éves vágásérettségi csoportok közti hozamok kiegyenlítését célzó, az egyes erdőrészletek vágásbesorolását egyedi mérlegeléssel megállapító módszer a körzeti erdőtervezési gyakorlat mai napig alkalmazott eljárása (lépéseit és fejlődését legutóbb Péti Miklós és munkatársai foglalták össze (Péti et al. 2006).

A hozamszabályozási módszerek fejlődésének következő fokára Király László professzor lép, aki a kortárs, általában képletes hozamszabályozási módszerek hiányosságain

túllépve azoknál jóval összetettebb adatszerkezetet és összefüggés-rendszert épített fel. A képletes hozamszabályozások a korosztálytáblák sorain (kor szerinti eloszlásain) végzett viszonylag egyszerű, a hozamok, fakészletek és/vagy a területek iteratív kiegyenlítését célzó műveletekkel dolgoztak, és általában csak a következő tervidőszak véghasználati hozamlehetőségének meghatározására használták őket; Király ezzel szemben az erdőállományt leíró változók sokdimenziós terében, a korosztálytáblákba rendezett adatokkal, mint mátrixokkal operált, és az erdőállomány modelljét az időbeli állapotokhoz rendelt mátrixok közti átmeneteket leíró tömbökkel definiálta (felújítási mátrix, véghasználati mátrix, erdőnevelési mátrix), ami alkalmas az erdőállomány nagyléptékű, hosszútávú átalakulásainak, lehetséges időútjainak modellezésére.

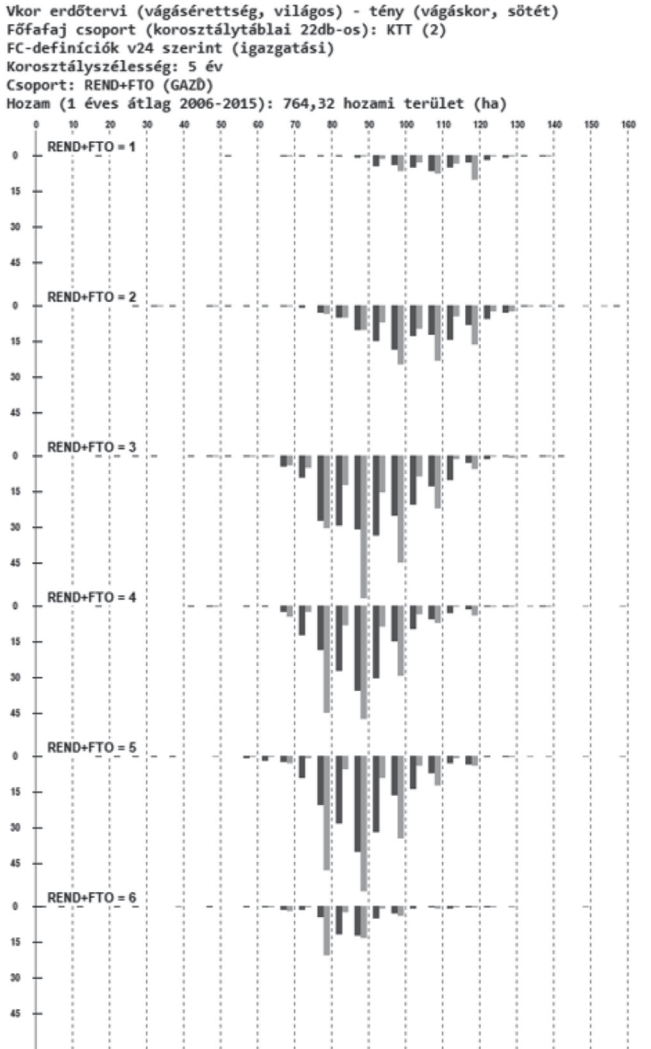


A szabályos erdő formái (Király és Mészáros 1995)

Királynál a hozamszabályozás kilép az üzemi keretektől, már nem csak pár ezer hektárról van szó, hanem a regionális és az országos erdőállományról és több száz éves időhorizontról. Modelljének meghatározó koncepciója a jövőkép: az a jövőbeli állapot vagy stacionér kezelési stratégia, ami felé az erdőállományt célszerű beavatkozásokkal, tudatos kezeléssel kormányozni szükséges, s az e felé tartó folyamat megtervezése maga a hozamszabályozás. Király maga is bevallja, hogy a jövőkép kialakítása és alkalmazása a neheznél is nehezebb, pl. így fogalmaz: „a jelenlegi erdőterület jövőbeni fafajösszetételének kipuhatólása” (Király 1994). Egyrészt az interdiszciplináris szakmai és laikus közönség valamiféle konszenzusát kellene a célképzet mögé állítani; másrészt több generáción

keresztül kellene következetesen afelé haladni – amit a 20. századtól kezdve sűrűn érkező erdőtüretnyek (1935, 1961, 1996, 2009, 2017) által megfogalmazott, egymásra licitáló ágazatpolitikák eddig minduntalan felülírtak. A Király-féle módszertan aktualitását az adja, hogy a klímaváltozás pont olyan problémákat vet fel, melynek megoldásában a Király-féle modell képességei kibontakozhatnak.

A professzor kandidátusi értekezésében adott betekintést eredményeire (Király 1978). Elméleti kutatásainak talán legfontosabb eredménye a szabályos erdő (normál erdő) formáinak rendszerezése.



A kocsánytalan tölgy fajok csoportjának véghasználati hozami területének eloszlása gazdasági rendeltetésben

Mondanivalójának szerkesztésével, a tartalom ívével a professzor nyilvánvalóvá tette rendszeralkotó szándékát, ti. hogy számára minden fejlesztési feladat és kutatási téma a hozamszabályozás és a prognózis felé mutat: az Országos Erdőállomány Adattár fogalmainak kialakítása, az erdőbecslési és adatfeldolgozási módszerek fejlesztése, a számítástechnikai eszközök hadrendbe állítása, az erdőtervezés intézményi szervezetének megerősítése – ezen építőkockák egymásra helyezve alkotják az erdőrendezés épületét, melynek csúcspdíszje az erdőállomány-prognózis.

Munkássága valóban nemzetközi elismerést hozott a magyar erdészeti kutatásnak: nem csak a szocialista táborban keresett elme, hanem módszerei kijutottak német nyelvterületre is (Király 1986), és több alkalommal alkalmazást nyertek a német erdőrendezési hagyományokat követő országokban, mint pl. Japán (Suzuki 2003), Bulgária és a korabeli NDK.

A Király professzor utáni évében Somogyi Zoltán foglalkozott erdőállomány-prognózissal, elsősorban az üvegházgáz-leltár (CO₂-kibocsátás és -elnyelés) szempontjából, egy IPCC-módszertant követő, az ERTI állománynevelési modelltabláira épülő modellt alkotva (Somogyi 2019).

Egy korszerű prognózisnak egyszerre kell hitelesen modelleznie az erdőállomány fejlődését, kellő rugalmasságot biztosítania a különböző modellezési scenárióknak (nagy léptékű termőhelyi változások, mortalitás és a fatermőképesség eltolódásai, különböző erdőkezelési rezsimok és ágazatpolitikai ágendák), kiszolgáltatni a szerteágazó felhasználási területek adatigényét (az erdőállomány szerkezetének leírása, hozambecslés, tűzifa-kihozatal, klíma-adaptációs szempontok, üvegházgáz-megkötés), és georeferált (térinformatikai rendszerekbe emelhető) eredményeket kell adnia. A prognóziskészítés legújabb eredményei (Kottek 2017) az Országos Erdőállomány Adattár kezelésébe épített adatgyűjtő eljárások segítségével próbálnak realizisztikus előrevetítéseket tenni. Ilyenkor az erdőállomány fejlődését szabályzó paramétersorok a referencia-időszak (pl. BAU-szenárióban a 2006–2015 évek) ténylegesen tapasztalt folyamatain alapulnak: a scenárióban valós vágáskor-eloszlások és valós felújítási viszonyok működnek. A jól skálázható modell egyesíti az erdőállomány-szintű szabályozás eszközeit (Király-féle fogalomrendszer) a faállomány-szintű (erdőrészlet) faterméstani és területváltozási folyamatokkal, azaz egyszerre működteteti az erdő- és a faállomány-szintű dinamikát. Valós időbeli dinamika alapján kezeli a kiinduló állapot üresvágásait és a véghasználatok után, a modellfutás alatt keletkező üres területeket.

A prognózisok fejlesztésének kurrens feladatai közül legfontosabb a klímaváltozási paradigma beépítése, a faterméstani szempontból már elfogadható modellek összekapcsolása a klímamodellek előrejelzéseivel és a termőhelyek megváltozására vonatkozó becslésekkel. Megoldandó a sem határozott korról, sem vágáskorral nem rendelkező örökérdők és átmeneti üzemmódok modellezése; a kép teljessége miatt szükséges lenne az Országos Erdőállomány Adattárban nem nyilvántartott faállományok prognózisba emelése, illetve a vágásos erdők esetében a sok szempontból meghaladott első generációs nomogramok helyett időszerű lenne korszerűbb fatermési táblákat alkalmazni.

Erdőleltár

Erdőleltározás alatt az erdei ökoszisztéma biotikus és abiotikus elemeinek számbavételét, felmérését értjük. Hazánkban az erdőrézlet szintű erdőleltározás jelentős múltra tekint vissza, az 1935. évi tv. már teljes erdőterületre üzemterv szerinti gazdálkodási kötelezettséget ír elő. Mindemellett az üzemtervezés, illetve erdőtervezés a fenntartható gazdálkodás szem előtt tartásával elsősorban a faállomány jellemzőinek becslésére összpontosított.

E hosszú folyamat mellett – különös tekintettel az erdei ökoszisztéma további elemire, a becslt adatokkal szemben támasztott statisztikai elemezhetőségre, megbízhatóságra, továbbá a nemzetközi szinten egyre növekvő egységesítési szándéokra – az utóbbi egy-két évtizedben hazánkban is kialakult és működni kezdett a szisztematikus nemzeti erdőleltározás is (továbbiakban erre az angol rövidítésével utalva: NFI). Az alábbiakban az erdőleltározás témakörében a szisztematikus erdőleltározás, ezen belül is elsősorban az NFI kerül ismertetésre.

Az első hazai szisztematikus erdőleltározás Király László (Király et al. 1970) nevéhez kötődik. 1966-ban a Szombathelyi Erdőgazdaság vonzáskörzetében a mintegy 320 000 hektáron fekvő, kb. 80 000 hektár erdőterületen végeztek felvételezést.

A nagyterületű erdőleltározás során becslt erdőterületre és élőfakészletre vonatkozó adatokat az üzemtervezési adatokkal vetették össze.

Az Állami Erdészeti Szolgálat 1993-ban elindította a Faállományok Növekedésének Megfigyelése (FNM) elnevezésű, szisztematikus mintavételezésen alapuló munkát, mellyel párhuzamosan intenzíven bekapcsolódott az erdőleltározás nemzetközi szakmai munkájába. Ennek következtében hazánk is alapító tagja lett a 2003-ban alakult Európai Nemzeti Erdőleltárak Hálózata (European National Forest Inventory Network, ENFIN) szakmai szervezetnek. Mindezek eredményeképp hangsúlyozottabbá vált az igény egy, az erdei ökoszisztéma számos elemét magába foglaló, szisztematikus, a nemzetközi elvárásokhoz is minél inkább igazodó, továbbá a statisztikai szempontokat is kielégítő erdőleltározás elindítására, melyre 2010-ben került sor.

Az ENFIN tagok közös projektjének (COST E43) eredményeit alapul véve, az NFI mind az erdőterület, egyéb fás terület, mind számos további becslendő paraméter esetében már a nemzetközi definíciókat alkalmazza. Az ENFIN kooperáció további terméke az európai erdőleltárokat összegző kiadvány is (Vidal et al. 2016).

Az NFI első ciklusa öt év alatt került felvételre, az FNM során is alkalmazott 4×4 km-es mintavételi háló pontjain elhelyezett 4–4 mintaterületen. 2015–2019 között az ún. eltolt hálópontokon való felvételezéssel vált teljessé a korábbi, összességében 2,8×2,8 km-es FNM háló megmintázása.

Az NFI eredményei – sokrétűségükből adódóan – rendkívül széles körű felhasználást tesznek lehetővé. Az I. és II. ciklus során gyűjtött adatokból számolt statisztikák 2021-ben publikálásra kerültek az erdőleltár weboldalán (<https://erdoleltar.nfk.gov.hu/>). A honlapon országos, erdészeti tájcsoport, regionális és megyei léptékű statisztikák érhetők el a faállomány területi jellemzőiről, az élőfakészletről, a holtfák mennyiségi és

minőségi paramétereiről, valamint az újulatról, melyek táblázatokban, grafikonokon és térképeken, egyéb releváns változók függvényében kerültek megjelenítésre. Az erdei ökoszisztémák számos aspektusát magába foglaló felvételezési módszertanból adódóan a letölthető statisztikák nem csupán az erdészeti szakma, hanem a társszakmák számára is releváns információkat nyújtanak.

Az NFI fennállása óta az adatok számos hazai és nemzetközi projektben kerültek felhasználásra, melyek közül jelentős az *Erdőbecsléstan* fejezetben már részletezett egyváltozós fatérfogat-meghatározási módszer kidolgozása. Az országos számításokon túl egyedi megrendelések keretében lokális környezetre adaptált fatömeg-tarifák előállítására is történt a Mecsekerdő Zrt., a Pilisi Parkerdő Zrt., valamint a SEFAG Zrt. részére.

Az erdőleltár adataiból hazai szinten egyedülálló részletességgel nyerhetők kvalitatív és kvantitatív információk az erdőben található holtfákkal (álló és fekvő holtfák, tuskók) kapcsolatban. A holtfák erdőtervezési körzet szerinti mennyiségi adatai éves szintű adat szolgáltatás keretében felhasználásra kerülnek a körzeti erdőtervezésben.

Napjainkban szükségszerű egyre nagyobb figyelmet fordítani az aktív, megelőző erdővédelemre, ezen belül az agresszívan terjedő fajok visszaszorítására. Különös tekintettel kell lenni továbbá az erdeinket veszélyeztető károsítókra és kórokozókra. A hazai erdőleltár komoly szerepet vállal a zárlati károsítók terepi felderítésében és regisztrálásában. Az NFI rendszeres adatszolgáltatója a növényvédelmi hatóságnak (Nébih Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság), ezáltal egyik alappillére a hazai erdőkre Európai Unió szinten előírt felderítési rendszernek.

Mint említésre került, az NFI nyitott arra is, hogy – a szakma számára hiánypótló összefüggések feltárása érdekében – bizonyos kiegészítő adatfelvételt is beiktasson az adatgyűjtésbe. Egyik ilyen volt a tő- illetve mellmagassági átmérő összefüggéseit számszerűsítő alprojekt, melynek eredménye az NFI honlapon is fellelhető (https://erdoleltar.nfk.gov.hu/mellmagassagi_es_toatmero_kapcsolat).

A hazai adatszolgáltatásokon túl kiemelten kezelendő az NFI adatok nemzetközi – az ENFIN-hez való csatlakozás révén elsősorban európai szintű – hasznosulása. A hazai erdőleltározásért felelős intézmény és az EU JRC (Joint Research Centre) között létrejött keretszerződés alapján – több európai erdőleltározási intézménnyel együttműködve – számos demonstrációs illetve harmonizációs célú projekt valósult meg az *E-forest* ún. SC (Special Contract) keretében.

Ezek közül a teljesség igénye nélkül néhány, melyben hazánk is részt vett:

- SC5 Feasibility and demonstration study of the potential use of National Forest Inventory data to describe the tree species richness of the European forest
- SC7 Building up a validation dataset for the JRC Forest layer
- SC8 Statistical calculations at European level using design based estimators
- SC17 Use of National Forest Inventories data to estimate biomass in the European Forests

SC18 Use of National Forest Inventories data to estimate area and above biomass in European forests not available for wood supply

A projektek zárójelentései korlátozottan elérhetők az alábbi honlapon:
<https://eforest.ign.fr/privatedocumentation/documents>

A *Usewood* (Improving Data and Information on the Potential Supply of Wood Resources: A European Approach from Multisource National Forest Inventories) projekt a nemzeti erdőleltárokon nyugvó, az európai szintű tartamos faanyagellátásra vonatkozó becslések fejlesztését tűzte ki célul. A téma fontosságát alátámasztja, hogy az európai scenáriók szerint a faanyagellátást a faanyag felhasználáshoz viszonyítva deficit mutatkozik. A legfontosabb feladat tehát a faalapú biomassza potenciál tisztázása, beleértve az erdőkön kívüli fával borított területeket és az ökonómiai, szociális és ökológiai körülményeket is, melyek a faanyagkínálatot alapvetően befolyásolják. E harmonizált információk sürgetően szükségesek a döntéshozók számára az erdőre, környezetre, a fa- és energiaszektorra vonatkozólag. Az eredményekből számos publikáció készült, pl. Alberdini (2016).

További információ elérhető: (<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST%204137%202010%20INIT/EN/pdf>)

A *DIABOLO* (Distributed, integrated and harmonised forest information for bio-economy outlooks – Megosztott, Integrált és Összehangolt Erdészeti Információ a Biogazdasági Kilátásokhoz) projektet Finnország Természeti Erőforrások Intézete (Luke) koordinálta, ami egy volt a Horizont 2020 Társadalmi Kihívások (Horizon 2020 Societal Challenges) program úttörő kutatási projektjei közül. A *DIABOLO* pontosabb, összehangoltabb és aktuálisabb erdészeti információkat biztosít az ENFIN együttműködési hálózatán keresztül. A projekt eredménye hozzájárul a konzisztens erdészeti információkon alapuló EU politikához és nemzetközi folyamatokhoz (<http://diabolo-project.eu/>). A felsoroltakon kívül az NFI adatot szolgáltat még az FRA illetve ÜHG nemzetközi jelentéseihez is.

A fentiek tanulmányozásával bepillantást nyerhetünk számos, az NFI-hez köthető és a tudományos kutatáshoz közel álló tevékenységbe. Hangsúlyozandó azonban, hogy az NFI fő profilja a standard metodikán alapuló adatgyűjtés, valamint az összegyűjtött feldolgozott adatokra épülő tájékoztatás. Természetesen emellett kincsestára a további erdészeti, erdőhöz kötődő tudományos kutatásoknak is.

A 2020-tól induló ismételt felvételezés már lehetőséget nyújt a változások kimutatására, így becslhető lesz a fakitermelés, a növedék és a mortalitás. Ugyancsak számos területen további információ nyerhető a fajok előfordulásában, denzitásában, avagy például a holtfa mennyiségében, korhadtsági állapotában bekövetkező változásokról. Mindez igaz a több mint száz felvett, továbbá a számos származtatott adatra.

Az NFI, az évek előrehaladtával egyre ismertebbé válik, a potenciális felhasználók egyre inkább felismerik jelentőségét és a benne rejlő lehetőségeket. Ennek és a hazai változó szakmai körülményeknek is betudhatóan jelentősége nő. Mindez magában hor-

dozza az adatok megbízhatóságával szembeni elvárások növekedését is. A közeljövő egyik fontos célkitűzése, hogy az eredetileg tervezett mintavételi sűrűsége és időtartamra, azaz a 2,8×2,8 km-es háló 5 évenkénti felvételére visszaálljon.

Az NFI hagyományosan földi méréseken alapul, statisztikai jellegéből kifolyólag a ténylegesen megmintázott terület – a nagy mintaszám ellenére is – csak töredéke az összterületnek. Az eredmények megbízhatóságát nagyban növelheti más adatforrás mintavételezésbe való bevonása, melyek közül kézenfekvő a rohamosan fejlődő távérzékelés. A távérzékelés alkalmazásának jelentősége az NFI szemszögéből aktuálisan különösen az erdőterület (FRA, SoEF) és a földhasználat-változások (ÜHG) kimutatásában, nyomon követésében lenne, hiszen a kisléptékű területváltozások kapcsán az NFI – a mintavétel jellegéből kifolyólag – kellő pontosságú adatot nem tud szolgáltatni. A szakmai igények, a nemzetközi jelentésekhez elvárt pontosság és a távérzékelési adatok egyre szélesebb körű hozzáférhetősége következtében tehát a távérzékelés integrálása időszerűvé vált az erdőleltározás mindennapi gyakorlatában.

Ugyancsak a rendszer egyediségéből és rugalmasságából adódik, hogy a potenciális felhasználók számának növekedésével egyúttal nő az észlelt adatok mennyisége és részletettség utáni igény, melyet a rendelkezésre álló erőforrások és a szakmai indokoltság alapján folyamatosan felül kell vizsgálni.

Irodalom

- Ajtay V. 1937: A természetes vágássorrendszámra alapított hozamszabályozás. Erdészeti Lapok 76(4): 321–345.
- Alberdi C., Fischer és P. Gasparini 2016: https://www.researchgate.net/publication/303549684_Towards_harmonized_assessment_of_European_forest_availability_for_wood_supply_in_Europe
- Bell J. F. és Groman W. A. 1971: A field test of the accuracy of the Barrans Stroud Type FP-12 optical dendrometer. The forestry Chronical.
- Béky A., Bondor A., Gabnai E., Hajdú G., Halupa L., Kiss R., Mendlik G., Rédei K., Solymos R. és Veperdi G. 1993: A hosszúléjartú erdőnevelési és fatermési kísérleti területek létesítésének, felvételének és fenntartásának továbbfejlesztett irányelvei. Erdészeti Kutatások 82–83(2):181–197.
- Birck O., Kiss R., Márkus L., Solymos R. és Tallós P. 1962: A hosszúléjartú erdőnevelési és fatermési kísérleti területek kitérésének, felvételének és fenntartásának irányelvei. Erdészeti Kutatások 58: 217–259.
- Bondor A. (szerk.) 1986: Erdőrendezés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Brolly G., Király G., Lehtomäki M. és Liang X. 2021: Voxel-Based Automatic Tree Detection and Parameter Retrieval from Terrestrial Laser Scans for Plot-Wise Forest Inventory, Remote sensing.
- Carlowitz H. C. 1713: Sylvicultura Oeconomica, oder Anweisung zur Wilden Baum-Zucht. J. F. Braun, Leipzig.
- Fabrika M. 2005: Simulátor biodinamiky lesa SIBYLA, koncepcia, konštrukcia a programové riešenie. Habilitačná práca. Technická univerzita vo Zvolene, 238 p.

- Fekete Z. 1951: Erdőbecsléstan a faállomány szerkezetten és a fatermés tan vázlatával. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Gál J. 1986: Új módszerek az erdők fatermésének meghatározására és előrejelzésére. Kandidátusi értekezés, Sopron.
- Király L. 1964: A fatermési kutatások kérdése erdőrendezési szempontból. *Az Erdő* 13(6): 250.
- Király L. 1966: Új fatermési nomogram. *Az Erdő* 15: 367.
- Király L., Fejes J. és Bencze T. 1970: Nagyterületi erdőleltározás a Szombathelyi Erdőgazdaság területén. *Az Erdő* 19(6): 253–264.
- Király L. és Mészáros K. 1995: Konvergens prognózisok szerepe az erdőgazdasági stratégiák tervezésében. *Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények 1994-95*: 137–149.
- Király L. 1986: Modelle für Waldfondsprognose und Ertragsregelung. In: *Wissenschaftliche Tagung vom 8–10 October 1986*. in Tharandt, Band 2., 170–187. o.
- Király L. 1994: *Erdeink jövőképe (kézirat)*. Erdészeti és Faipari Egyetem, Erdőrendezéstani Tanszék, Sopron.
- Kollár T., Veperdi G. és Rédei K. 2018: A fatermési, erdőnevelési és hálózati tartamkísérletek múltja, jelene és jövője. *Erdészeti Lapok* 153: 306–310.
- Kollár T. és Borovics A. 2021: A magyarországi hosszú lejáratú erdészeti tartamkísérleti hálózat fenntartásának korszerű irányelvei, adatfeldolgozási módszerei és legfontosabb eredményei. *Erdészettudományi Közlemények* 11(2): 95–114.
- Kolozs L. és Veperdi G. 2012: Élőfakészlet- és növedék-meghatározás a száraló, illetve átalakító üzemmódú erdőkben egyváltozós faterfogató-függvény alkalmazásával. *Erdészettudományi Közlemények* 2(1): 21–34.
- Kolozs L., Solti Gy. és Veperdi G. 2017: Vágásbecslés – magasságmérés nélkül. *Erdészeti Lapok* 152(5): 177.
- Kotték P. 2017: Országos erdőállomány prognózis – 2050 (Divine Axe Superhero v11k). In: VI. Kari Tudományos Konferencia, Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar.
- MALLERD Központi Igazgatósága 1948: Erdőrendezési utasítás az ideiglenes erdőgazdasági üzemtervek készítéséhez I–II. rész, Budapest.
- Mátyás Cs. 1994: Egy megújítható erőforrás hasznosításának évszázados tanulságai. *Magyar Tudomány* (10): 1184–1188.
- Peszlen R. 2012: Ezüsthárs grafikus fatermési tábla szerkesztése. Diplomaterv, Sopron.
- Péti M. et al. 2006: Az erdőállomány-gazdálkodás szabályozása. Oktatási segédanyag, Soproni Egyetem.
- Solymos R. 1998: Az erdészeti fatermési és erdőnevelési kutatások eredményei és alkalmazásuk az erdőgazdasági gyakorlatban (1958–1998). *Erdészeti Kutatások* 88: 13–35.
- Solymos R. 2000: Erdőfelújítás és -nevelés a természetközeli erdőgazdálkodásban. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Somogyi Z. 2019: CASMOFOR (verziószám: 6.1). NAIK Erdészeti Tudományos Intézet, Budapest. <http://www.scientia.hu/casmofor>
- Suzuki T. 2003: Gentan Probability and The Concept of the Normal Wood, in the Wide Sense. *Forest Biometry, Modelling and Information Sciences (FBMIS)* 1: 65–74.
- Veperdi G. 2008: Fatermés tan elméleti és gyakorlati oktatási segédanyag. Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar honlap.
- Veperdi G., Kolozs L. és Solti Gy. 2019: Fatömegetarifák lokálisan, mint a nagyterületű leltározás egyik gyakorlati hasznosítása. *EMMRE 30.*, Agrárminisztérium, 2019.11.05.
- Vidal C., Alberdi I., Hernandez L. és Redmond J. 2016: *National Forest Inventories*. Springer International Publishing Switzerland.

Forest management planning

Forest Management Planning as a scientific discipline: The aim of the scientific discipline forest management planning is to develop methods for the planning of sustainable forest management. The main institutions and persons of the research work are listed.

Forest Growth and Yield: Forest growth and yield research describes the development of forest stands as a function of age, environmental factor and human activity (forest tending operations). To obtain data for the models a network of long term permanent plots is needed, which also include tending and planting space experiments. Using the data yield tables and forest tending models were compiled, which are listed in the publication.

Forest Mensuration: Aim of forest mensuration is to determine the parameters and the structure of single trees and forest stands. Traditionally individual tree volume was estimated using volume tables which were replaced by mathematical functions. Measurement of tree sizes is also improved by introducing advanced electronic measuring equipment and remote sensing.

Forest Yield Regulation: Sustainable forest management requires a regulation of the amount of wood allowed to be cut. There were simple methods in the past based on the age structure of the forest. There was a generalization of the normal forest idea making this model more suitable for the practice. Methods for developing models for the future state of the forest were developed and different scenarios were calculated for reaching this future state.

Forest Inventory: In the process for forest management planning detailed information is gathered for the individual sub-compartments but there is no statistical properties can be assigned to the sum of these values. To get a statistically sound estimate of different parameters (e.g. volume/hectare) methods of large scale forest inventory have to be used. The first attempt to estimate parameters on the national level was in 1993 on a 4×4 km grid. This grid was then made denser, 2.8×2.8 km and the results of the inventory can be analyzed through a web interface.

ERDÉSZETI GÉPESÍTÉS

Horváth Béla és Major Tamás

Az erdészeti gépesítés kialakulásának folyamata

Magyarországon az erdőhöz, fához kötődő első gépek a 19. sz. végén jelentek meg, és ezek a különböző, nagyobbrészt stabil fűrészgépek voltak, amelyeket ma már a faipari gépek között említünk. Az érdemi erdészeti gépesítés kezdete az 1950-es évek elejére tehető. Addig az erdőben gyakorlatilag csak az emberi- és igaerőre alapozott termelés folyt, melyet egyszerű eszközök (pl. ékásó, fejsze, kézfűrész, lófogathoz kapcsolódó szerkezetek) segítettek. Első meghatározó, már gépnek nevezhető eszközünk a motorfűrész vagy láncfűrész (mindkét elnevezés használatos, de gyakoribb a motorfűrész), amely a maga idejében forradalmasította a fakitermelést.

Az erdészeti munkák érdemi gépesítése az erőgépek megjelenésével kezdődött. A terület gépesítésének fejlődése folyamatos, egymásra épülő szakaszolása csak a történeti áttekintés kedvéért indokolt. Eszerint elkülöníthető, és időben egymás után következő szakaszok:

- az erdészeti gépesítés kezdetei (19. sz. végétől a 20. sz. közepéig);
- a mobil erőgépek megjelenése az erdészeti gépesítésben (20. sz. közepétől);
- a hidraulikus erőátviteli rendszerek alkalmazása az erdészeti gépesítésben (20. sz. hatvanas éveitől);
- a többműveletes gépek használatba vétele az erdészeti gépesítésben (20. sz. hetvenes éveitől);
- az automatizálás az erdészeti gépesítésben (21. sz. elejétől).

Az erdészeti gépesítési kutatások – melyek meghatározóan K+F+I jellegűek – is ennek megfelelően alakultak ki, fejlődtek és korszerűsödnek napjainkban is. Céljuk tudományos módszerekkel vizsgálni, mérni, elemezni és fejleszteni az erdészeti gépeket, a gépekkel megvalósított technológiák műszaki és ökonómiai jellemzőit, a gépek üzemeltetését, továbbá a gépüzem biztonsági hátterét. Tenni ezeket úgy, hogy a gépi beavatkozások ökológiai rendszerekre gyakorolt hatásai a lehető legkisebbek legyenek.

Természetesen az adott időszakban megjelent és alkalmazásba vett gépek a később nevesített időszakokban is használatosak, a kutatási és fejlesztési eredményeket a gyakorlatban hasznosítva folyamatosan korszerűsödnek.

Az erdészeti gépesítési kutatások kezdetei

Az erdészeti gépesítés kezdeti időszakában (19. sz. végétől a 20. sz. közepéig) a hazai önálló erdészeti gépesítés-fejlesztés, kutatás még nem indult el. Annak csírái a meghatározó szakterületeken – erdőhasználaton, erdőfeltáráson – belül voltak megtalálhatók.

A faanyagmozgatásban megjelennek az eregető kötélpályák és siklók (Szécsi 1883), és külföldön a legelső tehergépkocsik. Utóbbiak hazai alkalmazásáról az 1906. évi Erdészeti Lapok „Különfélék” rovatában a következőket olvashatjuk (Anon. 1906): *„Automobil az erdőgazdaság szolgálatában. Loósy, Hugmayer és társa budapesti fákerekeskedő czég a gyergyóújfalusi közbirtokosságtól, mintegy 7561 k. hold luczfenyőerdő kihasználási jogát megszerezvén, mostanában – mint hírlík – azon a vidéken nagyobb szabású fűrésztelepeket rendez be, melyeken évenként mintegy 3000 vagon anyag fog feldolgoztatni. A feldolgozott anyag túlnyomó része a külföldi piacnak van szánva. A termelt és feldolgozott anyag kiszállítása, mintegy 30 kilométer távolságon, a legmodernebb szállítási eszközzel – automobilteherkocsik igénybevételével fog történni. Szakkörökben érdeklődéssel várják ennek az újításnak eredményét.”* Ugyanerről említést tesz Pankotai (1985) is. Három különböző típusú tehergépkocsi alkalmazását elemzi, és azok hazai használatára biztat Gogl (1907). Mindennek ellenére Magyarországon az erdőgazdaság szállítási feladataira a tehergépkocsit csak az 1940-es évek végén kezdték el rutinszerűen bevetni.

A fakitermelésben az időszak második felében jelentek meg a világon a motorfűrészek első változatai (Török és Plauder 1932), melyekkel Magyarországon először 1936-ban végeztek vizsgálatokat. Összehasonlították a kézfűrészek és egy Rinco motorfűrész vágásteljesítményét. Megállapították, hogy a motorfűrész vágásteljesítménye 5–6-szor akkora, mint a kézfűrészké (Pallay 1936).

Az erdészeti gépesítési kutatások ekkor még főként az oktatható anyagok felkeresésére, a külföldi gépesítési eredmények hazai hozzáférhetőségének biztosítására koncentráltak. Az akkori nevezéktan szerint az erdészeti gépek közé sorolták a faipari gépeket is. Kövesi (1907) „Az erdészeti géptan” c. jegyzetében famegmunkáló gépeket, köztük keretfűrészeket, szalagfűrészeket stb. ismertet. Az akkori kutatások és fejlesztések is e gépek köré csoportosultak, elsősorban azok fűrészelő részeire koncentrálnak (Pausinger 1878).

Erdészeti gépesítési kutatások a 20. század közepétől napjainkig

A 20. sz. közepétől, elsősorban a mobil erőgépek (a mezőgazdasági traktorok és a tehergépkocsik, de tágabb értelemben ebbe a körbe sorolhatók a motorfűrészek is) megjelenésének, majd egy-két évtizeddel később a hidraulikus erőátviteli rendszerek alkalmazásba vételének, és a többműveltes gépek kialakulásának köszönhetően jelentős fejlődés indult el az erdészeti gépesítésben. Ennek a folyamatnak logikus következménye volt, hogy az akkori Erdészeti és Faipari Egyetemen 1956-ban létrejött az önálló Erdészeti Géptani Tanszék (Horváth 2008), az Erdészeti Tudományos Intézetben pedig az önálló Gépesítési Osztály. Ezt követően ezek a kutatóhelyek (a továbbiakban: a két kutatóhely) lettek a hazai erdészeti gépesítési kutatások-fejlesztések bázishelyei.

Az Erdészeti Géptani Tanszék érdemi kutatási tevékenysége akkor indult el, amikor 1959-ben Káldy József lett a tanszék vezetője. Irányításával a tanszék kutatási tevékenysége az erdészeti gépesítés szinte egész területét átfogta (Horváth 2000). Ezen belül kiemelkedők azok az eredmények, amelyeket:

- a hasítás gépeinek vizsgálata és fejlesztése;
- a kérgezés gépeinek vizsgálata és fejlesztése;
- az erdészeti központi manipulációs telepek gépesítés-fejlesztése;
- a hosszúfás fakitermelési technológiák gépesítés-fejlesztése;
- az erdészeti javítóbazisok fejlesztése és
- az erdészeti gépek munkavédelmi és biztonságtechnikai kérdéseinek kutatása tere-
nén értek el.

Fentiek közül úttörő munkát végzett a tanszék hosszúfában történő termelés és szállítási technológiájának kidolgozásában és elterjesztésében. Ez alapvető változást jelentett az addigi általános – választékokban történő – termelés és szállítási technológiájával szemben (Káldy 1976).



Körmös traktor erdősisítés talajelőkészítésében (1950) (Forrás: ERTI fotóarchívuma)



Tűzfát szállító tehergépkocsi (1947) (Forrás: ERTI fotóarchívuma)



Hazai fejlesztésű hasítógép vizsgálata (középen fehér ingben Káldy József) (1971) (Forrás: Soproni Egyetem fotóarchívuma)



Hosszúfa szállítás az 1960-as években (Forrás: Soproni Egyetem fotóarchívuma)

Káldy professzor az általa vezetett tanszék kutatási munkáját folyamatosan összehangolta az Erdészeti Tudományos Intézet (a továbbiakban: ERTI) Gépesítési Osztályán folytatott tevékenységgel, amelyet akkor Szepesi László irányított, aki a mindenkori munkatársaitól meghatározó segítséget kapott. Munkájában a kezdetekben kiemelten támaszkodott Walter Ferencre, majd Posta Józsefre, akik a helyettesei voltak. Később Posta József az utóda lett. Az ERTI Gépesítési Osztályán először a motorfűrészek (Szepesi 1963), a csemetekerti és az erdőművelési gépek, később a közelítés és a kiszállítás, majd a rakodás és a telepi munkák gépesítésének fejlesztésével foglalkoztak elsősorban, de tevékenységük az erdészeti gépesítés egészét átfogta (Szepesi 1981). Alább néhány példa a gépfejlesztéseikről.

Az 1970-es évek elején a kecskeméti kísérleti állomáson Szecska Dezső irányításával csemetekerti aprómagvető gépet, a mátrafüredin Vilcsek János irányításával erdőfelújítási gépeket (tányérozó gödörfúrót, vágáshulladék aprítót, nehéz- és könnyű pásztakészítő ekéket, talajmarót, tárcsás ekét), a budapesti központban a Danszky István nevével fémjelzett, szabadalmaztatott erdőfelújítási gépsort, a budapesti Gépkísérleti Állomáson pedig mélygödörfúrót fejlesztettek. A fejlesztett gépek gyártásához szükséges műszaki dokumentációt a Gépkísérleti Állomáson készítették el, és a prototípusgyártás is itt folyt (Finta 1978). Az 1980-as évek elején lengőkaros vágástakarítót fejlesztettek (Lengyel et al. 1983), majd részt vettek a kihordó pótkocsik (Nyári 1990) és forwarderek (Kovácsnai Szász D. et al. 1983; Benke és Pethő 1990) fejlesztésében és gyártásában.

Az ERTI Gépesítési Osztályán kifejlesztették az erdőgazdasági gépek funkcionális vizsgálatának módszereit, és kb. 500 hazai és külföldi erdőgazdasági gép funkcionális vizsgálatát végezték el. Ezen gépvizsgálatok segítették elő a hatvanas évek végén a hazai erdészeti munkagépek kifejlesztését és sorozatgyártását. Foglalkoztak továbbá az erdészeti és a faipari gépek munkabiztonsági vizsgálatával, és motorfűrészek szűrővizsgálatával is.

Sajnos a rendszerváltást követő átszervezések eredményeként az ERTI Gépesítési Osztálya beszüntette működését.

A két kutatóhelyen folyó kutatás-fejlesztési munkák eredményeit az 1970-es, 80-as években az ERTI által kiadott „*Gépesítési információk*”, népszerű nevükön a „*piros füzetek*” kiadvány-sorozat foglalta össze, mely folyamatosan tájékoztatta az erdőgazdasági gyakorlatot az erdészeti gépesítési kutatások új eredményeiről, az alkalmazható új gépek műszaki és ökonómiai jellemzőiről (Horváth 1988). A sorozatnak – melynek kiadása az 1980-as évek közepén megszakadt – több mint száz füzete jelent meg ebben az időszakban.

A két kutatóhely a kutatás-fejlesztési tevékenysége során szoros kapcsolatot tartott számos gyakorlati hellyel, melyek közül kiemelkedik az Eger központú erdőgazdasággal kialakult együttműködésük. E folyamatban – melyet a vállalat részéről Kovács Jenő irányított – hazai fejlesztésű kérgező-, hasító-, aprító- és brikettálógépek születtek.

Az itt fejlesztett majd szabadalmazott gumikalapácsos és forgógyűrűs kérgezőgépek lombos fafajok kérgezésére is alkalmasak voltak, jelentős importot helyettesítettek és nagyban hozzájárultak a faexport növeléséhez (Kovács 1970). Ez az együttműködés egyik megalapozója volt a hazai erdészeti gépfejlesztéseknek és a gépgyártásnak. A gépfejlesztések előbbre vitele érdekében először alkalmaztak Magyarországon különleges

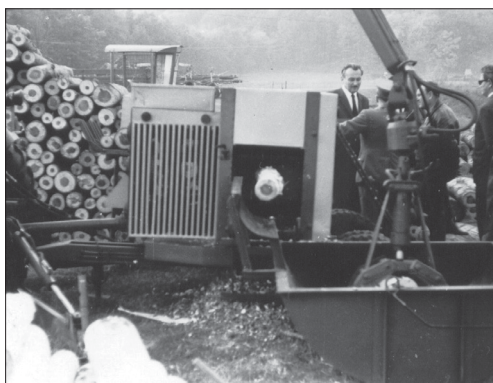
filmtechnikát, melynek során a kérgezőgépet lassított filmfelvétel segítségével elemezték, majd az optimális kérgezési minőség és teljesítmény érdekében, az eredmények ismeretében a szükséges módosításokat elvégezték. Az együttműködésben fejlesztett és gyártott kérgező- (Huszárné et al. 1980), hasító- (Huszárné és Nagyné 1983) és aprítógépek (Dobrovicsné et al. 1983) nemcsak idehaza bizonyítottak, hanem számos országba, köztük még Japánba is eljutottak. A fejlesztések során nyolc, a kérgezéssel, az aprítéktermeléssel és a brikettálással kapcsolatos szolgálati találmány, illetve szabadalom született. Ezek egy része 1965-ben Találmányi Díjat, 1974-ben BNV Díjat, 1975-ben OMÉK Díjat, 1980-ban AGROMASEXPO Díjat, 1982-ben Moszkvában, 1983-ban Klagenfurtban, 1984-ben Párizsban, 1985-ben az OMÉK-on Nagydíjat, Elismerő Oklevelet és Vándorszerleget (véglegesen is) nyert.



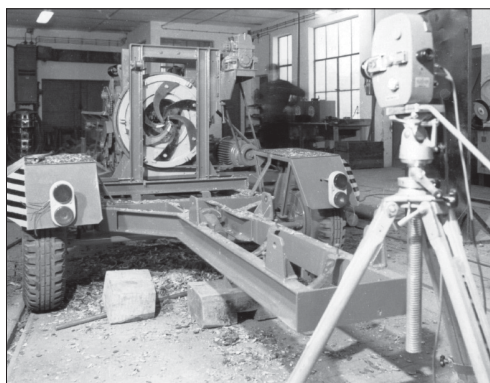
*Forgókúpos hasítógép vizsgálata (1969) (balról a második Kovács Jenő, negyedik Káldy József)
(Forrás: Soproni Egyetem fotóarchívuma)*



*Egri aprítógép vizsgálata (1970)
(Forrás: Kovács Jenő fotóarchívuma)*



*Forgógyűrűs kérgezőgép vizsgálata (1969) (a gép mögött szemben, öltönyben Káldy József)
(Forrás: Soproni Egyetem fotóarchívuma)*



*Kérgezőgép vizsgálata filmtechnika alkalmazásával (1970)
(Forrás: Kovács Jenő fotóarchívuma)*

1983-tól 1985-ig – Káldy professzor korai, váratlan halála után – az Erdészeti Géptani Tanszékot Sitkei György vezette. Irányításával tovább folyt az addig megkezdett kutató-fejlesztő munka, kiegészülve az erdészeti járószerkezetek és a talaj kapcsolatának elemzésével (Sitkei 1986). Sitkei professzor az erdészeti gépesítés-fejlesztést azóta folyamatosan, máig is segíti hasznos szakmai tanácsaival (Horváth és Czupy 2011).



*Koszorúzás Káldy József sírjánál, 2000-ben
(az első sorban balról jobbra: Pápai Gábor,
Kőhalmy Tamás, Barkóczy István,
Wisnovszky Károly, Jámbor László, Gémesi
József, Horváth Béla, Faragó Sándor)
(Forrás: Soproni Egyetem fotóarchívuma)*



*Sitkei György köszöntése 80. születésnapján
(2011) (balról jobbra: Faragó Sándor,
Sitkei György, Horváth Béla, Varga Mihály)
(Forrás: Soproni Egyetem fotóarchívuma)*

1985-től 2014-ig az Erdészeti Géptani Tanszék, illetve később az Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet (a továbbiakban: Intézet) kutatás-fejlesztései az ez időszaki tanszékvezető, majd intézetigazgató Horváth Béla irányításával – aki a mindenkori munkatársaitól, korábban elsősorban Csalló Rudolftól, Marosvölgyi Bélától, Pazár Istvántól és Pirkhoffer Jánostól, később Czupy Imrétől, Horváth Attila Lászlótól, Juhász Gábertól, Major Tamástól, Szakálosné Mátyás Katalintól, Vágvölgyi Andreától, Vinkovics Sándortól és Vityi Andreától meghatározó segítséget kapott – töretlenül folytak tovább, célozva mindig a gyakorlat által hangsúlyosnak ítélt területeket. Az ezen időszak kutatási munkájának nagyobb tématerületei a következők:

- az erdőgazdasági gépesítés helyzete, fejlesztési tendenciái;
- a fatermesztés gépesítésének fejlesztése;
- a fahasználat gépesítésének fejlesztése;
- az erdészeti gépek hidraulikus rendszereinek fejlesztése;
- az energetikai faültetvények gépesítésének fejlesztése;
- az erdőtűz-oltó technikák fejlesztése;
- az erdészeti gépek ergonómiai és munkabiztonsági vizsgálata;
- az energetikai kutatások.

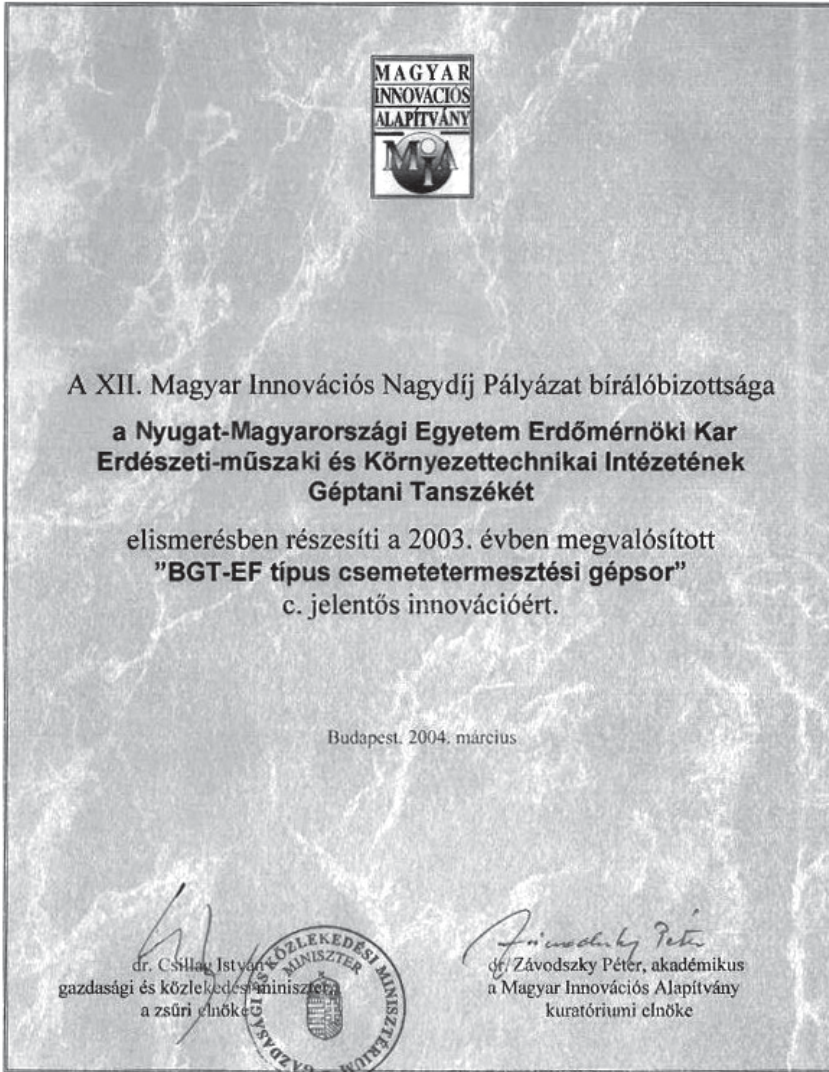
„Az erdőgazdasági gépesítés helyzete, fejlesztési tendenciái” kutatási program időszakonként áttekintette az erdőgazdasági gépesítés helyzetét, és megadta a gépesítés fejlesztésére vonatkozó, a megváltozott társadalmi és gazdasági körülmények között érvényes alapelveket, a gépek tulajdon- és üzemeltetési viszonyaira, konstrukciós kialakítására és beszerezhetőségére vonatkozóan. Itt említhető az a tevékenység is, ami azért folyt, hogy megteremtse a hazai erdészeti gépüzemeltetés naprakész dokumentációs hátterét.

„A fatermesztés gépesítésének fejlesztése” kutatási tématerület a szaporítóanyag-termesztés, az erdőtelepítés, a tuskós területű talajművelés és az erdővédelem gépesítés-fejlesztését célozta. A vizsgálatok az alkalmazható gépek konstrukciós fejlesztésére, illetve üzemeltetésük korszerűsítésére irányultak. Célja a kutatásoknak a fatermesztési technológiák gépesítési változatainak összeállítás és optimalizálása. Az eredmények között kiemelkedik a csemetetermesztési- és erdőtelepítési gépsorok kifejlesztése. Közülük a csemetekerti gépsor, melyet a Bagodi Mezőgép Kft. vitelezett ki, a Magyar Innovációs Szövetség 2004. évi, XII. Innovációs Nagydíj Pályázatán elismerő oklevelet kapott. A „Számítógépes modellezéssel támogatott talajművelő szerszám kialakításhoz szükséges jellemzők meghatározása erdei talajokon” c. OTKA kutatás pedig Major Tamás PhD dolgozatának az alapját jelentette (Major 2014). Az injektálógépek fejlesztés – mely 2007-ben indult, és a Nyírerdő Zrt-vel és a Huniper Kft-vel együttműködve valósult meg – a tuskós területű erdősítések pajorkár elleni védelmét hivatott megoldani. A hidas traktor fejlesztés – mely 1997-ben indult, és a Somogyi Erdészeti Zrt-vel és a Produker Kft-vel együttműködve valósult meg – a keskeny sortávolságú erdősítések ápolásának erőgépigényét biztosította.

„A fahasználat gépesítésének fejlesztése” kutatási tématerület a fakitermelés, a faanyag-mozgatás és a felkészítés gépesítésének fejlesztését, valamint a fa minél nagyobb mértékű feldolgozását célzó technológiák gépesítés-fejlesztését szolgálta. A vizsgálatok a megfelelő műszaki megoldások kiválasztására, a fejlett külföldi megoldások adaptálására és a lombos fafajok speciális tulajdonságait figyelembe vevő fejlesztésekre irányultak. E körből kiemelendők:

- az 1996-tól indult RÁBA típusú erdészeti tehergépkocsi és
- a 2008-tól indult erdészeti elektromos közelítőgép kialakítását célzó fejlesztések; valamint
- a többműveletes fakitermelő gépek üzemeltetés-fejlesztésével foglalkozó kutatások.

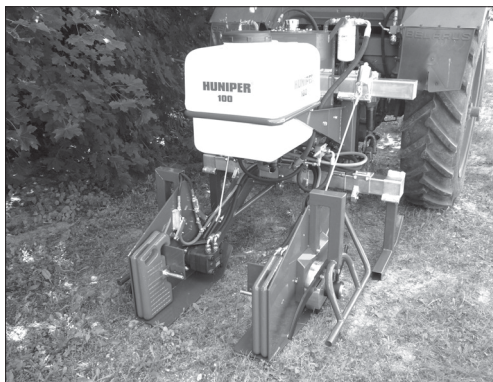
A RÁBA típusú erdészeti tehergépkocsi fejlesztése – amelynek keretében megfogalmazódtak egy korszerű, hazai gyártású erdészeti tehergépkocsival szembeni elvárások – azért indult, hogy az akkorra korszerűtlenné vált szovjet KAMAZ típusú erdészeti tehergépkocsi-parkot hazai gyártásával váltsa fel. A fejlesztés eredményeként a RÁBA Rt-nél – a Somogyi Erdészeti és Faipari Rt. megrendelésére – 1998-ban elkészült egy háromtengelyes, összkerék-hajtású, 10 tonna teherbírású erdészeti tehergépkocsi magajáró alvázának a prototípusa, melyhez a felépítményt az Intézet tervei alapján az ERDŐGÉP Kft. készítette. A 1998. évi WOOD-TECH-en az erdészeti célokra fejlesztett RÁBA tehergépkocsi vásárdíjat kapott. A prototípust a 2000-es évek elején még több mint 30 db gép gyártása követte. A napjainkban is létező típus gyártását a piaci verseny kissé háttérbe szorította.



Az EMKI Géptani Tanszékének csemetekerti gépsor fejlesztésért kapott innovációs oklevele (2014)

Az erdészeti elektromos közelítőgép a HM Budapesti Erdőgazdaság Zrt-vel és a Bagodi Mezőgép Kft-vel együttműködve készült, a kor kihívásainak megfelelő innovációs fejlesztés, amely a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatalánál 2012. október 31-én használati mintaoltalmat kapott (lajstromszám: 4 182; NSZO-jelzet: B60P 3/41).

A többműveletes fakitermelő gépek (harveszterek, processzorok) üzemeltetés-fejlesztésével foglalkozó kutatások a munkaidőelemzéseken, teljesítményméréseken és ki-méletességi vizsgálatokon keresztül e gépek optimális hazai alkalmazását segítették, és Horváth Attila László PhD dolgozatának az alapját jelentették (Horváth 2015).



*Injektáló gép vizsgálata (2009)
(Forrás: Soproni Egyetem
fotóarchívuma)*



*A WOOD-TECH vásárdíjas RÁBA FA
27.235-6.6 típusú tehergépkocsi (1998)
(Forrás: Soproni Egyetem fotóarchívuma)*

„Az erdészeti gépek hidraulikus rendszereinek fejlesztése” kutatási tématerület a hidrosztatikus energiaátvitel erdészeti gépeken való alkalmazásának bővítését, továbbá a váltóáramú hidraulikák erdészeti gépekre történő építésének elméleti alapjait teremtette meg. Az utóbbi témakör Czupy Imre PhD dolgozatának az alapját jelentette (Czupy 2006).

„Az energetikai faültetvények gépesítésének fejlesztése” kutatási tématerület a faültetvények telepítésének és betakarításának gépesítés-fejlesztését célozta, új géptípusok tervezésén és hazai gyártásán keresztül. Kiemelendő eredménynek tekinthető a Bagodi Mezőgép Kft-vel együttműködve megvalósult, 2008-tól indult azon fejlesztés, amelynek során:

- energetikai faültetvény dugványozógép-család és
- energetikai faültetvény döntő-aprító-gépcsalád (ez a fejlesztés a 2013. évi Bábolnai Nemzetközi Gazdanapokon Különdíjat és MEGOSZ Díjat kapott) született.



*Erdészeti elektromos közelitő gép vizsgálata
(2010)
(Forrás: Soproni Egyetem fotóarchívuma)*



*Energetikai faültetvény
döntő-aprító gép vizsgálata (2010)
(Forrás: Soproni Egyetem fotóarchívuma)*

Ebbe a körbe tartozik a szintén 2008-tól indult, az IKR Zrt-vel együttműködve elkészült erdészeti többcélú (gyűjtő, tömörítő) kihordó, amely alapvetően az energetikai faültetvények betakarítását segíti, de alkalmazható a hagyományos fahasználatok vágástéri melléktermékének az összegyűjtésében is. Ez a fejlesztés a 2012. évi Bábolnai Nemzetközi Gazdanapokon különdíjat, a 2013. évi AGROMashEXPO szakmai kiállítás és Agrár-gép-show-n Hazai Termékfejlesztési Díjat, a 2013. évi Bábolnai Nemzetközi Gazdanapokon MEGOSZ Díjat kapott.

„Az erdőtűz-oltó technikák fejlesztése” c. kutatás-fejlesztésre az irányította a figyelmet, hogy az ezredforduló környékén a Magyarországon keletkezett vegetációtűzök száma és kiterjedése folyamatosan emelkedett. A kutatási tématerület a magyarországi viszonyoknak megfelelő erdőtűz-oltó eszközök kifejlesztését, és a hatékony tűzoltási taktikák és módszerek kialakítását tűzte ki célul. A kutatás-fejlesztési munka során elkészültek a tervei egy kezdődő erdőtűz oltására alkalmas nagynyomású, vízzel működő gyorsbeavatkozó mobil erdőtűz-oltó berendezésnek (VÍZÖNTŐ), melyet a debreceni Farmgép Kft. kezdett el gyártani, és majdnem mindegyik erdőgazdaságnál ezek a gépek rendszerbe állításra kerültek.



*A többször díjazott erdészeti többcélú (gyűjtő, tömörítő) kihordó (2012)
(Forrás: Soproni Egyetem fotóarchívuma)*



*Az erdőgazdaságnál rendszerbe állított VÍZÖNTŐ erdőtűz-oltó berendezés (2006)
(Forrás: Soproni Egyetem fotóarchívuma)*

„Az erdészeti gépek ergonomiai és munkabiztonsági vizsgálata” c. kutatás azért folyt, mert a technika fejlődése az erdőgazdasági gépesítés területén is megkövetelte a gépek ergonomiai szempontok szerinti kialakítását, korszerűsítését. E cél érdekében a kutatás:

- olyan vizsgálatokkal és fejlesztésekkel foglalkozott, amelyek alapján a gépek kialakítása kielégíti a vonatkozó ergonomiai és munkabiztonsági előírásokat, igazodik az emberi test méretéhez, a testrészek mozgástartományaihoz, biztosítva az optimális kezelőerő értékeket;
- elemezte a munkahelyek kialakítását;
- vizsgálta és értékelt a zaj és a rezgés egészségkárosító hatásait; valamint
- elemezte az erdőgazdasági baleseteket, és javaslatokat fogalmazott meg megelőzésükre.

A tématerülethez kötődően 1996 óta az Intézet „*Akkreditált gépvizsgáló laboratórium*”-ot működtet, amely a Nemzeti Akkreditáló Testület által minősített vizsgálóhely az erdészeti és a faipari gépek munkabiztonsági minősítésére, valamint a zaj- és rezgésvizsgálatok területére. Az „*Akkreditált gépvizsgáló laboratórium*” keretei között eddig több száz erdészeti és faipari gép jegyzőkönyvvel dokumentált munkabiztonsági vizsgálata, sok száz motorfűrész szabvány szerinti szűrővizsgálata, számos munkahelyi és környezeti zaj- és rezgéselemzés készült el.

„*Az energetikai kutatások*” a megújuló energiaforrások közül elsősorban a faalapúak (erdészeti biomassa, erdőgazdasági-faipari melléktermékek, energetikai faültetvények) műszaki és technológiai fejlesztésével foglalkoztak. A tématerület Vágvölgyi Andrea PhD dolgozatának az alapját jelentette (Vágvölgyi 2014).

2014-től 2021-ig Czupy Imre az Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet igazgatója. 2021-ben az intézet beolvadt az Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézetbe, amelyet Lakatos Ferenc vezet. Ebben az időszakban a korábbi kutatási aktivitás némiképpen csökkent, és a súlypontok a faenergetikai kutatások irányába tolódtak el.

A két kutatóhely kutatás-fejlesztési eredményei hazai és nemzetközi tudományos folyóiratokban, jegyzetekben és tankönyvekben (Szepesi 1966; Káldy 1986; Horváth 2016), továbbá egy saját kiadású periodikában kerültek publikálásra. Saját kiadású periodikaként – Horváth Béla irányításával és szerkesztésével – 1996-tól ismét megjelent a „*Gépesítési információk*”, népszerű nevükön a „*piros füzetek*” kiadvány-sorozat, amely tájékoztatta az erdőgazdasági gyakorlatot az erdészeti gépesítési kutatás új eredményeiről, az alkalmazható új gépek műszaki és ökonómiai jellemzőiről. A sorozatnak ebben az időszakban 27 kötete jelent meg.

A két kutatóhely kutatás-fejlesztési eredményeit minden lehetséges hazai és nemzetközi szakmai konferencián is folyamatosan publikálta. Ezek sorából kiemelkedők a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya Agrár-műszaki Bizottsága 1977–2010. között, évente Gödöllőn szervezett kutatási és fejlesztési tanácskozásai, amelyeken általában önálló, az „Erdőgazdálkodás műszaki fejlesztése” c. szekció majdnem minden évben szerveződött, korábban Szepesi László, később Horváth Béla vezetésével.

A két kutatóhely részese az országos erdészeti gépesítési konferenciák szervezésének is, melyek közül az első kettőt még Káldy József professzor szervezte, sikeresen, 1974-ben és 1982-ben (Káldy 1982). A másodikról az alábbiak olvashatók Az Erdő 1982. decemberi számának „Egyesületi közlemények” rovatában (Anon. 1982): „A gépesítési szakosztály 1982. szeptember 16. és 17-én rendezte meg a II. Országos Erdészeti Gépesítési Konferenciát Budapesten, az MTESZ Technika Házában. Az első konferencia közel 10 évvel ezelőtt volt. Az azóta eltelt időben a gépek száma megduplázódott az erdőgazdaságokban, és ma közel 500 ezer kW motorteljesítményű géppel rendelkeznek. A motorfűrészeken túl az erdei közelítés, rakodás, szállítás feladatainak ellátására korszerű gépekkel rendelkeznek. A gépesítés átlagos szintje 75% körül van, tehát az erdészeti munkák gépesítése közepes szintű. Az erdőgazdaságokban a fakitermelés végzésére megjelentek már a kombájnok, a több műveletet végző nagygépek. Szükséges azért, mondotta dr. Káldy József egyetemi tanár, szakosztályvezető elnöki megnyitójában, hogy a konferencia számba ve-

gye az eddig megtett utat, és javaslatokat tegyen a fejlesztésre. A rövid plenáris ülés után három szekcióban folyt a tanácskozás (erdőművelési munkák gépesítése, fakitermelési munkák gépesítése, erdészeti gépek üzemfenntartása). Korreferátumot tartott Dr. Anton Trzesniowski igazgató (Ausztria), Dr. Hans Robel igazgató (NDK), Prof. Dr. E. Kaminsky (Lengyelország), Prof. Dr. W. Petricek (Csehszlovákia).”



*Az EMKI Géptani Tanszéke által kiadott
„Gépesítési információk” (Piros füzetek)
(1996–2013)*



*Horváth Béla előadása tudományos
konferencián (2013)
(Forrás: Soproni Egyetem fotóarchívuma)*

E rendezvénysornak ezt követően nem lett évente folytatása, mivel az agrár-műszaki szakterület – Dimény Imre akadémikus irányításával – összehangolt szakmai tevékenységbe kezdett. Ennek eredményeképpen az erdészeti műszaki szakterület – 1984-től 2010-ig, folyamatosan minden évben – önálló szekció megszervezésével vett részt a Magyar Tudományos Akadémia Agrár-műszaki Bizottsága Kutatási és Fejlesztési Tanácskozásán, Gödöllőn. Az évente ismétlődő közös tudományos rendezvény mellett egy másik, rendszeresen ismétlődő tudományos rendezvényt a szakterület már nem igényelt. Később, 2005-ben, Káldy professzorra emlékezve, Horváth Béla mégis megszervezte a III. Országos Erdészeti Gépesítési Konferenciát (Káldy professzor botanikus kerti szobrának avatásával párhuzamosan). Ezen – a Káldy professzor nevével fémjelzett tudományterületek egyes fejezeteihez kapcsolódva – a pályatársak és a tanítványok kutatási eredményeik előadásával fejezték ki tiszteletüket és nagyrabecsülésüket a tudós iránt (Horváth 2005). 2010-ben a IV. Országos Erdészeti Gépesítési Konferencián – melyet szintén Horváth Béla szervezett – a pályatársak és tanítványok Kovács Jenőt köszöntötték nyolcvanadik születésnapján, tudományos előadásaik bemutatásával (Horváth 2010).

A két kutatóhely kutatás-fejlesztési tevékenysége eredményessége érdekében folyamatosan, naprakész szakmai kapcsolatokat tartott fent:

- az Országos Erdészeti Egyesület Gépesítési Szakosztályával és az Alföldi Erdőkért Egyesület Műszaki Szakbizottságával;
- a Soproni Egyetem valamennyi műszaki/gépesítési tanszékével;

- a hazai agrár kutatóintézetek közül a Mezőgépfeljesztő Ipari Rt-vel és az FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézetével;
- az agráregyetemek és főiskolák társtanszékével/intézetével, valamint a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karának Mezőgazdasági Géptani Tanszékével;
- az erdőgazdasági részvénytársaságokkal és más gyakorlati helyekkel, valamint az erdészeti gépgyártókkal (közülük kiemelten az Erdészeti Gépgyártó Vállalattal, a Bagodi Mezőgép Kft-vel, az Optigép Kft-vel és az ERDŐGÉP Kft-vel);
- külföldi társegyetemekkel és főiskolákkal (Göttingen, Freiburg, Wien, Lvov, Brno, Zvolen), valamint több külföldi erdészeti műszaki intézettel és gyártóval.

Az erdészeti gépesítési kutatások jövője

A hazai erdészeti gépesítési kutatás-fejlesztések továbbra is nélkülözhetetlenek az erdészeti gyakorlat számára, mert nélkülük a korszerű erdészeti gépesítés, gépüzemeltetés elképzelhetetlen. Magyarországon az utóbbi néhány évben e területen kevés előrelépés történt, ezért a közeljövő fejlesztési feladatai között az erdészeti gépesítési kutatás-fejlesztések intenzitásának növelése kell, hogy szerepeljen. El kell érni, hogy a korszerű erdészeti technikák folyamatosan jelen legyenek, hogy legyenek hazai erdészeti gépfejlesztések és növekedjék a hazai erdészeti gépgyártás volumene. Mindez szükséges ahhoz, hogy új, környezetbarát, természetközeli gazdálkodási technológiák alakulhassanak ki a hazai erdőgazdasági gyakorlatban.

A 21. sz. elejétől az információs technológia (IT) az erdőt, az automatizálás az erdészeti gépesítést is elérte. A szakirodalomban, de a közbeszédben is, egyre gyakrabban találkozunk az olyan fogalmakkal, mint: precíziós erdészet, precíziós erdőgazdálkodás, fenntartható erdőgazdálkodás, erdőgazdálkodás digitalizációja, okos erdő, erdészet 4.0, mesterséges intelligencia az erdőben stb.

A precíziós gazdálkodás ma még elsősorban csak a szántóföldi növénytermesztésben működik, de az agrárinformatikai megoldások használata – különösen az automatizált rendszerek és a digitális adatgyűjtés és adatelemzés révén – ma már az erdőgazdálkodás területén is jelen van. Mindezek eredménye a kisebb ökológiai terhelés, az alacsonyabb költség, a nagyobb és megbízhatóbb termés, továbbá a nagyobb profit. A precíziós gazdálkodás feltételrendszerét alapvetően a globális helymeghatározási rendszer (GPS – Global Positioning Systems), a valós idejű kinematika (RTK – Real-Time Kinematics), a térinformatika, illetve távérzékelés (adatgyűjtés, adatintegrálás, adatelemzés) és a helyes gépüzemeltetés (erőgép-munkagép kapcsolat, intelligens munkagépek) jelenti.

A digitális gazdálkodás fő jellemzője a nagymennyiségű adatállomány kezelése „felhő” rendszerben, ami lehetővé teszi az adattárolást, az adatmegosztást és az adatcserét. A „felhő alapú” adatforgalmazás bevezetéséhez azonban további kísérletek szükségesek a felhasználóbarát erdőgazdasági irányítási rendszerek kifejlesztése érdekében. Ez a gyakorlat lépésről-lépésre haladva („bit by bit”) hosszú távon forradalmasítja majd az erdőgazdasági technológiákat. A digitális gazdálkodással hatékonyabbá válnak a precíziós

termesztéstechnológiák, az új adatsere és adatértékelési módszerek elősegítik a gyors döntéshozatalt. Mindez lehetővé teszi majd a gazdálkodás optimalizálását és a termelési folyamatok folyamatos továbbfejlesztését hazánkban is.

Az információs technológia erdészeti alkalmazása számos területet érint, nevezetesen:

- a szenzoros erdei adatgyűjtéseket;
- a műholdas erdei felvételeket;
- a továbbfejlesztett, pl. „MobileForester” és „Stihl LogBuch” alapú erdei leltárokat;
- „SITEVIEWER” alapú termőhely-értékeléseket;
- a földi-, a műholdas- és a lézer alapú (LIDAR – LIght Detection And Ranging) távérzékeléseket, melyek alkalmazhatók az erdőművelésben, a fahasználatban és a vadgazdálkodásban is;
- a különböző adatelemző és döntéstámogató erdészeti rendszereket;
- az internet megjelenését az erdőben;
- a faárut nyomon követő informatikai rendszereket;
- a robotizált technikákat.

Az erdészeti gépesítési terület jövőbeni kutatás-fejlesztési tevékenysége a gépesítést közvetlenül érintő információs technológiákkal, a gépek robotizációjával kapcsolatos megoldásokkal is kell, hogy foglalkozzon. A robotizáció napjainkban már az erdészeti gépfejlesztéseknek is része (Horváth és Czupy 2022). Az egyes gyártók sorra jelennek meg az újabb és újabb autonóm üzemre alkalmas gépekkel, berendezésekkel, így ezek alkalmazásba vételére Magyarországon is fel kell készülni.



*Hazai fejlesztésű és gyártású gödörfúró robot
(Forrás: Hári Tech Kft.)*



*A „T-Log” vezető nélküli erdészeti terepjáró
tehergépkocsi rakottan (2018)
(Forrás: Einride Co.)*

A terület gyors innovációját jelzi többek között, hogy már léteznek hazai fejlesztésű és gyártású gödörfúró robotok, azaz olyan robottraktorok, amelyeken a gödörfúró egység gyári opcióként jelen van. E gépek a GPS technológia segítségével ± 2 cm pontossággal képesek a gödrök fúrására (Hári 2021). A svéd Einride cég pedig már vizionálta a jövő erdészeti terepjáró tehergépkocsiját, a „T-Log”-ot (Hawkins 2018; Stewart 2018).

A „T-Log” háromtengelyes, összkerék-hajtású, teljesen elektromos működtetésű, vezetőfülke nélküli gép, melyet max. 16 t rakomány szállítására terveztek. Ha összehasonlítjuk ezt a gépet a 20. sz. közepén megjelent tehergépkocsival (lásd a 2. képet), látható az az óriási fejlődés, ami az erdészeti gépesítésben – a kutatás-fejlesztések eredményeként – hét évtized alatt bekövetkezett.

Irodalom

- Anon. 1906: Különfélék. Erdészeti Lapok 45(6): 503.
- Anon. 1982: Egyesületi közlemények. Az Erdő 31(12): 572.
- Benke I. és Pethő J. 1990: LKT forwarder kifejlesztése és üzemeltetési tapasztalatai. Az Erdő 39(6): 250–251.
- Czupy I. 2006: Váltakozó áramú hidraulikus tuskólazító berendezés elméleti és konstrukciós kérdései. Doktori (PhD) értekezés, Miskolc, 62 o.
- Dobrovics A.-né, Géber P., Huszár E.-né és Nagy S.-né 1983: Az egri aprítógép munkájának és alkalmazhatóságának előzetes értékelése. ERTI gépesítési információ, MFO Kellás, Budapest, 24 o.
- Finta I. 1978: Az 1977. évben kialakított új erdőművelő gépek ismertetése. ERTI gépesítési információ, MFO Kellás, Budapest, 20 o.
- Gogl A. 1907: A teherautomobil az erdészet szolgálatában. Erdészeti Lapok 46(13): 815–818.
- Hári Zs. 2021: A jövő már jelen van. Precíziós Gazdálkodás – Interaktív Magazin 1: 93–95.
- Hawkins, A. J. 2018: This electric driverless logging truck can carry up to 16 tons of timber. <https://www.theverge.com/2018/7/12/17561912/einride-self-driving-truck-logging>
- Horváth A. L. 2015: Többműveletes fakitermelő gépek a hazai lombos állományok fahasználatában. Doktori (PhD) értekezés, Sopron, 145 o.
- Horváth B. 1988: Dr. Káldy József oktatási- és kutatási tevékenysége. Az Erdő 37(8): 357–358.
- Horváth B. 2000: Káldy József (1920–1983). Erdésznagyjaink arcképcsarnoka 9. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 26 o.
- Horváth B. (szerk.) 2005: III. Országos Erdészeti Gépesítési Konferencia. Lövőer Print Kft., Sopron, 80 o.
- Horváth B. 2008: Géptan. In: Albert L. (szerk.): Az erdészeti felsőoktatás 200 éve. Emlékkönyv Selmecbánya 1808 – Sopron 2008. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, II. kötet, 151–179. o.
- Horváth B. (szerk.) 2010: IV. Országos Erdészeti Gépesítési Konferencia. Nyugat-magyarországi Egyetem Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézete, Sopron, 76 o.
- Horváth B. (szerk.) 2016: Erdészeti gépek. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest, 476 o.
- Horváth B. és Czupy I. (szerk.) 2011: Tudományos Tanácskozás Dr. h. c. Dr. Sitkei György professzor, akadémikus 80. születésnapja alkalmából. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 86 o.
- Horváth B. és Czupy I. 2022: Robotizáció az erdészeti gépesítésben. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest, 35 o.
- Huszár E.-né, Kovács J., Máté K., Orosz F., Pápista J. és Tóth A. 1980: A KR-3 kéregzőgép funkcionális vizsgálata. ERTI gépesítési információ, MFO Kellás, Budapest, 26 o.

- Huszár E.-né és Nagy S.-né 1983: Az EH-01 típusú hasítógép funkcionális vizsgálata. ERTI gépesítési információ, MFO Kellás, Budapest, 22 o.
- Káldy J. 1976: A hosszúfás termelési rendszer hazai eredményeiről és a további teendőkről. *Az Erdő* 111(11): 481–489.
- Káldy J. (szerk.) 1982: II. Országos Erdészeti Gépesítési Konferencia. OEE kiadvány, Budapest, 184 o.
- Káldy J. 1986: A fahasználat gépei. Akadémiai Kiadó, Budapest, 287 o.
- Kovács J. 1970: Műszaki fejlesztés: Gumikalapácsos egri kérgezógép, KR-1-es kérgezógép és egri faaprítógép. MÉM Mérnök Továbbképző Intézet kiadványa, Gödöllő.
- Kovácsnai Szász D., Rhorer E. és Siló F. 1983: A VARUTA-62 kihordó vontató (forwarder) vizsgálata. ERTI gépesítési információ, MFO Kellás, Budapest, 24 o.
- Kövesi A. 1907: Az erdészeti géptan elemei. *Erdészeti Lapok* 46(13): 775–805., 46(15): 929–955., 46(16): 988–1015., 46(17): 1051–1079.
- Kövesi A. 1907: Erdészeti géptan. Pátria Irodalmi Vállalat és Nyomdai Rt., Budapest.
- Lengyel Gy., Bergmann B. és Várfalvi J. 1983: Az LKV-1 lengőkaros vágástakarító vizsgálata. ERTI gépesítési információ, MFO Kellás, Budapest, 20 o.
- Major T. (2014): Tuskós területek talaj-előkészítésének gépesítés-fejlesztése. Doktori (PhD) értekezés, Sopron, 93 o.
- Nyári I. 1990: DRP-80H hidraulikus segédhajtással ellátott rönkszállító pótkocsi. *Az Erdő* 39(6): 242–243.
- Pallay N. 1936: Erdőhasználati időtanulmányok III. *Erdészeti Kísérletek* 38(1–2): 234–261.
- Pankotai G. 1985: Tehergépkocsi az erdészeti szállításban. *Az Erdő* 34(2): 45–49.
- Pausinger J. 1878: A kézfűrészekről és fűrészgépekről. *Erdészeti Lapok* 17(12): 739–747.
- Sitkei Gy. 1986: Mezőgazdasági és erdészeti járművek modellezése. Akadémiai Kiadó, Budapest, 86 o.
- Stewart, J. 2018: Sweden's Electric Robo-Truck Is Made for Life in the Forest. <https://www.wired.com/story/einride-t-log-electric-autonomous-self-driving-truck/>
- Szepesi L. 1963: A motorfűrész. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 229 o.
- Szepesi L. 1966: Erdőgazdasági gépek jellemzői és használata. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 408 o.
- Szepesi L. 1981: Kutatási eredmények az erdőgazdasági munkák gépesítésében, 1976–1980. ERTI gépesítési információ, MFO Kellás, Budapest, 280 o.
- Szécsi Zs. 1883: Szabadalmazott sodronykötél-ergettyű. *Erdészeti Lapok* 22(1): 1–10.
- Török B. és Plauder N. 1932: Erdőhasználati időtanulmányok. *Erdészeti Kísérletek* 34(1–4): 94–113.
- Vágvölgyi A. 2014: Fás szárú energetikai ültetvények helyzete Magyarországon napjainkig; üzemeltetésük, hasznosításuk alternatívái. Doktori (PhD) értekezés, Sopron, 195 o.

Forestry mechanization

The study presents and summarizes the Hungarian forestry mechanization research and development from the beginning (from the end of the 19th century) to the present day and outlines the future research and development tasks. The forestry mechanization research – which is predominantly Research + Development + Innovation in nature –

was formed in accordance with the needs of practice, developed and is being modernized even today.

The Hungarian forestry mechanization research and development took place from the beginning at two research sites, the Department of Forest Mechanization of the University of Sopron and the Mechanization Division of ERTI. In the course of their research and development activities, the two research sites maintained close contact with a number of practical sites (forest managers, forestry machine manufacturers), which ensured the viability of their activities. Their activities decisively shaped the domestic forestry mechanization, many domestic developments were realized, and as a result of their functional tests, many foreign forestry machines were put into domestic practice.

Nowadays, the domestic forestry mechanization research and development is at its lowest point, because the Mechanization Division of ERTI has ceased to exist, and from 2021 the University's Department of Forest Mechanization will no longer operate independently, it will become part of another institute. Among the development tasks of the near future, it is therefore necessary to increase the intensity of the forestry mechanization research and development, as well as meeting the challenges of „forestry 4.0”.

ERDŐHASZNÁLAT

Szakálosné Mátyás Katalin, Horváth Attila László és Major Tamás

Az erdőgazdálkodás legősibb termelési ágazata az erdőhasználat. Mint tudományág összefoglalja és tovább fejleszti az erdei fő- és melléktermékek termelésével kapcsolatos fahasználati és mellékhaszonvételi feladatokat. Az erdőhasználati kutatások célja, tudományos módszerekkel elemezni és fejleszteni a termelési eljárásokat, technológiákat, a munkaszervezést; és ezek, valamint a használt gépek gazdaságosságát, illetve a biztonságos munkavégzés feltételeit.

Fahasználat

A 18. században zajlott erdők túlhasználata, a rablógazdálkodás miatt számos szakember vizsgálta, hogyan lehetne úgy kezelni és használni az erdőket, hogy tartamosan több és jobb fát adjanak. Európában különféle erdészeti iskolák alakultak ki, amelyek közös megállapítása volt, hogy csak annyi fát szabad kivágni, amennyi az erdőállomány növedéke. 1764-ben jelent meg Duhamel du Monceau legjelentősebb műve, amelyben már főleg a fakitermelésre és a faanyag hasznosítására koncentrált. A fahasználati kutatások az 1800-as évek végéig főként az oktatható anyagok felkeresésére, a külföldi ismeretek hazai hozzáférhetőségének biztosítására koncentráltak. A 2. világháború végéig csak szórványos, inkább egyéni kezdeményezésű fahasználati vizsgálatokról beszélhetünk. A szervezett kutatás a 2. világháború után, 1947-ben vette kezdetét (Szász 1972).

„A fejszével való levágás, a fadöntés legrégebbi módja, ezt követte a tövestől való kiásás – az ortás –, és csak ezután, nagyon későn következett a fűrész a fadöntésre való alkalmazása.” Az 1860-as évek végén már arról olvashatunk az erdészeti szakirodalomban, hogy a fejsze használata mindinkább csökken, a fák „ortását” pedig csak nagyon ritkán alkalmazzák (Nikel 1868). A fűrészes döntést már akkor is a ma ismert hajkos módszerrel végezték, azonban a fadöntés, mint mechanikai jelenségsorozat kérdésével csak jóval később, hazánkban Szász Tibor, Rónai Ferenc és Hajdú Endre, külföldön Poliscsuk szovjet kutató foglalkozott (Rumpf 2016). Exner bécsi tanár a kézfűrészekről és fűrészgépekről 1878-ban írt könyvében tudományos alapossággal ismertette a fűrészek fajtáit, az ezeknél előforduló fogszerkezeteket, pengéket, azok kialakítását, készítési módját, karbantartását, és az ehhez szükséges eszközöket, gépeket (Pausinger 1878). Bartha Ábel 1911-ben mutatta be az általa tervezett „fadöntő csavar”-t és a vele történő fadöntés elméletét. Ez a csavarorsós emelő a fában a hajkkal ellentétes oldalon készített üregbe helyezve az irányított döntést segítette (Bartha 1911). Ma már ennek hidraulikus elven működő változatait használják.

Török Béla, a M. Kir. Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskola oktatója – Németországban tett tanulmányútja tapasztalatai alapján – 1929-ben írt beszámolót az Erdészeti Kísérletekben, amelynek címe „Az erdőhasználati munka racionalizálása” volt.

Ez tekinthető a magyar erdészeti munkatudomány kezdetének. Az elemzés a munka megfigyeléséből, a teljesítmény méréséből és az adatok statisztikai feldolgozásából állt, amelyek során nemcsak a munka elvégzéséhez szükséges időket és a veszteségidőket mérték, hanem vizsgálták az emberi energiafelhasználást is. Fontos gyakorlati szempont volt, hogy az idő- és teljesítményadatokat a termelt erdei választékokra határozzák meg.

1932-ben, majd 1935-ben Török Béla és Pallay (Plauder) Nándor jelentették meg az első hazai erdőhasználati időtanulmányok eredményeit. A vizsgálatok során a termeléseket előmunkálatokra (törzs felkeresése, fakörnyék megtisztítása, döntés, gallyazás stb.) és főmunkálatokra (bemérés, elfűrészelés, hasítás, összehordás, sarangolás) osztották. Mivel választékonként külön-külön határozták meg az időfelhasználást, ill. a teljesítményt, így az előmunkálatok időfelhasználását fatömegarányosan szétosztották. Méréseiket kiválasztott munkáscsapatokkal végezték, a munkások által használt hagyományos eszközökön kívül új, M-fogazású fűrészszel is dolgoztattak, valamint az addigi „halomradöntés” mellett kipróbáltatták a törzsenkénti feldolgozást is. Időtanulmányt készítettek tarvágásban, lékvágásban és bontóvágásban végzett cseres-tölgyes tűzifa termeléséről. Török halála után Pallay folytatta az időtanulmányok készítését. Elsősorban a különböző erdei fűrészek teljesítményét és az összehordási távolságnak a teljesítményre való hatását elemezte. Amellett, hogy kimutatta az M-fogazatú fűrészek nagyobb teljesítőképeségét a háromszög-fogazatúakhoz képest, először ábrázolta az átvágott fa átmérőjének függvényében a fajlagos vágásteljesítményt, és kimutatta ezzel a fűrészek alkalmazási optimumát. Pallay 1937-ben folytatta a fűrészek összehasonlítását és Magyarországon először vizsgálta egy motorfűrész (Rinco) vágásteljesítményét. Kimutatta, hogy a motorfűrész vágásteljesítménye 5–6-szor akkora, mint a kézfűrészeké (Török és Plauder 1935; Pallay 1936).

A Trianon előtti Magyarországon a faanyag mozgatásában fontos szerepe volt a víziutaknak. Jóllehet néha nagyon költséges építményeket igényelt, mégis a legolcsóbb megoldást jelentette. Ennélfogva nemcsak a fővölgyeket, de a többé-kevésbé alkalmas mellék völgyeket is az úsztatásnak megfelelően rendezték be. Gátakat, duzzasztókat építettek, mivel igen kevés volt azon patakok száma, melyek egész éven át annyi vízzel bírtak, hogy azokon folyamatosan, vagy addig úsztatni lehetett, míg a gyakran tekintélyes mennyiségű fakészlet mind kiszállításra került.

Bedő Albert már 1866-ban felvetette azt a gondolatot, hogy a vasútfejlesztések, az érintett területek erdeinek jövedelmezőbbé tételében fontos szerepet játszanak. Míg a közhasznú vasúti pályának a faanyag szállításában volt szerepe, addig az erdei közelítést szolgálta Lo Presti Lajos báró 1860-as években szabadalmaztatott vasútrendszere. Ezt az egyszerű pályát erdészeti munkásokkal építették, a faanyag mozgatása dörzsfékkal fékezett 8 kerekű kocsikkal gravitációs úton történt. Az üres kocsikat munkások tolták fel (Wagner 1871).

Egy másik megoldásnál, melyet mobil pályának hívtak, kisebb távolságra való áthelyezésnél szét sem kellett szedni a pályát, a munkások a talpfáknál fogva könnyedén áthelyezhették azt. Ezeken a faanyag mozgatása kétkerekű targoncákkal történt.

Ahol a vízen való szállítás alkalmazásának nem voltak meg a feltételei, ott csak az erdei vasutak kiépítése jelentette a megoldást. Az 1800-s évek végén számos erdei vasút épült, melyeken a faanyag mozgatása gőzmozdonyokkal, – a gyűjtő pályákon lovakkal – vontatott vasúti kocsikon (pályakocsikon) történt. A kor erdész szakemberei kutatásaik során ezek kialakításával, a megengedhető emelkedési és kanyarulati viszonyokkal foglalkoztak, vizsgálták továbbá ezek teljesítményét és költségeit. A közelítési feladatok ellátására készültek a különböző szabadalmaztatott sodronyköteles eregetők is, vagy ahogy akkoriban hívták, „ergettyűk”. Ezek az acélköteles berendezések a faanyag lejtő irányú mozgatását tették lehetővé a gravitáció kihasználásával. Később ezekből alakultak ki a különböző erdészeti kötélpályák. Szintén a nehézségi erővel történő közelítés eszközei voltak az ú.n. csúsztató utak. Ezek tervezésének elméleti alapjait Jankó Sándor főiskolai tanár ismertette 1912-ben. Az utak a 19. század közepéig a faanyag szállításnál csak helyi és alárendelt szerepet játszottak. Az első tanulmány a tehergépkocsik erdészeti szállításban történő alkalmazásáról 1907-ben Gogl Adolf tollából jelent meg.

A 2. világháború után az erdőgazdaság gépesítése, ezen belül a fahasználat műveleteinek gépesítésével kapcsolatos kutatások kerültek előtérbe.

A 19. század közepétől a 20. század közepéig a faanyag felhasználási köre és a fakitermelésben alkalmazott technika alig változott. Főleg a szállítás korszerűsödéséről beszélhettünk, az erdei vasutak, majd a tehergépkocsik elterjedésével. A kézi szerszámoknál csak minőségi fejlődés történt.

A 2. világháborút követő újjáépítés és gazdasági fellendülés időszakában változott meg a helyzet. A fa iránti fokozott kereslet és az egyidejű munkaerőhiány ösztönözte a motorfűrészek fejlesztését, sorozatgyártását. Az 1950-es évek elején tízezzrel kerültek a fakitermelésbe a motorfűrészek. Hazánk sem marad ki ebből a folyamatból, 1955-től nagyobb mennyiségben, üzemszerűen alkalmazták a motorfűrészeket. Szintén 1955-ben kezdődött hazánkban a hidraulikus működtetésű függesztő-berendezéssel rendelkező univerzális traktorok bevezetése is. A rakodási munkákat könnyítették az 1960-as években megjelent hidraulikus daruk. A speciális erdészeti közelítőtraktorok az 1970-es évek elején jelentek meg, 1975-től pedig a többműveletes fakitermelő gépek (harveszterek, processzorok), az aprítógépek és a forvarderek. A kutatások ekkor elsősorban az erdőgazdasági gépek fahasználatban történő alkalmazási lehetőségeinek vizsgálatára terjedtek ki, de új géptípusok kifejlesztése is történt. Ez utóbbiak közül a kérgezőgépek fejlesztését kell kiemelni.

Az 1960-as években a világ iparifa hányadának egyre növekvő százalékát a papírfa választék adta. Elsősorban a cellulózgyárak igénye miatt jelentősen megnövekedett a kérgezett keménylombos papírfa iránti igény. Kérgezési feladataink gépesítésének megoldására a külföldön fenyőre kialakított, és e célra jól bevált mechanizmusok, a hazai, keménylombos fafajok kérgezésére csak részben voltak alkalmasak. Beszerzési költségük pedig magas volt. Szükségessége vált a kérgezőgépek hazai kialakítása és gyártása. Az Egri Erdőgazdaság ezért 1962-ben kifejlesztette a hasáb és a bordás faanyag kérgezésére alkalmas gumialapácsos kérgezőgépét, majd a hengeres papírfa kérgezésére forgógyűrűs gépeit (KR sorozat). Ezeket a gyakorlati tapasztalatok alapján készült gépeket lassított filmfelvé-

tel segítségével elemezték, majd az optimális kérgezési minőség és teljesítmény érdekében, az eredmények ismeretében a szükséges módosításokat elvégezték.

Az 1950-es években még Szász Tibor vezetésével a fahasználati kutatások elsősorban a kéziszerszámok fejlesztésével és az egyes munkaműveletek módszereinek elemzésével foglalkoztak. Emellett azonban újra indultak a munkatudományi vizsgálatok is, melyeknek legnagyobb szabású eredménye a síkvidéki tölgy szálerdőben végzett tarvágásos fakitermelésről készített munkatanulmány. Az ENSZ FAO Bizottsága vizsgálni kívánta „az egyes tagállamokban alkalmazott különböző fakitermelési módszereket” abból a célból, hogy „meghatározza azokat a termelési módokat, amelyek nemzetközi, szélesebbkörű felhasználásra javasolhatók”. Magyarország részéről – egységes FAO metodika alapján – az ERTI egyik munkaközössége végezte a munkát. A következő műveleteket vizsgálták: döntés (Druzsba motorfűrészsel), gallyazás (fejszével), választékolás, darabolás (motorfűrészsel), felkészítés, közelítés (lovass közelítő kerékpárral) stb. Ismertették a fakitermelés módját, munkaszervezetét, munkanapfelvételeket és időtanulmányt készítettek. Rögzítették a dolgozók fizikai, fiziológiai és pszichológiai állapotát, az anyagáramlást, megadták a termelési sémát, ábrázolták a munka közben megtett utakat (Déröldi et al. 1961, 1962).

Az ERTI Fahasználati Osztálya 1950-től célul tűzte ki, hogy elemezze a fahasználatban dolgozók munkaegészség-védelmének lehetőségeit. 1970-ben a feladatok megoldására orvoskutató vezetésével öt főből álló munkaegészségügyi csoportot szerveztek. A kutatásokat három fő területre koncentrálták: a nehéz fizikai munkára és következményeire, a balesetek csökkentésére és a foglalkozási ártalmak elleni védekezésre.

Az '50-es évek második felében kezdődtek meg a kíméletes fahasználattal foglalkozó vizsgálatok is az ERTI-ben. Nagy jelentőséget tulajdonítottak a közelítési hálózat, a térbeli rend megtervezésének és a vágásterületen való kijelölésének, amellyel a talaj, az újulat és a lábön maradó állomány kímélhető.

A '70-es évek első felében Magyarországon kormányhatározat született a vállalati szervezés fellendítésére. A kormányhatározat a „szervezéstudományi kutatások megfelelően összehangolt fejlesztését”, a „szervező szakemberképzés és továbbképzés összefüggő rendszerét” és „korszerű szervezéstechinikai eszközök széles körű elterjesztését” irányozta elő. Ennek eredményeként fejlesztették fel az Erdészeti Tudományos Intézetben (ERTI) a szervezési kutatásokat. Az ERTI-ben megindult munka a '70-es évek közepén „vállalat-, üzem- és munkaszervezési útmutatók” összeállítására irányultak, majd egyre inkább a munkaszervezés felé fordultak.

Keresztesi Béla és Solymos Rezső 1976-ban a mezőgazdaságban elterjedt termelési rendszerek mintájára az erdőgazdálkodásban is elkezdett foglalkozni fatermesztési/fatermelési rendszerekkel. A kutatások elsősorban iparszerűen kezelt fenyő állományok teljes fatermelési folyamatának összehangolt, egységes megoldására irányultak.

Káldy József 1976-ban rámutatott, hogy az erdőgazdálkodásban másképp kell értelmezni a termelési rendszer fogalmát, mint a mezőgazdaságban. A fatermesztés körét külön kell választani a kitermelés körétől, mert különben 60–100 éves időszakot kellene átfigyeltetni, ami észszerűtlen.

Herpay Imre 1972-es svédországi tanulmányútja során szerzett tapasztalatai nagy változást hoztak az erdőhasználati munkarendszerek kutatásában. Herpay szerint azért válik egyre sürgetőbbé a fahasználati munkarendszerek fejlesztése, „mert a termelékenységet közgazdasági okok és a munkaerőhiány miatt jelentősen növelni kell, továbbá a munkakörülményeket javítani kell” és „nagyobb figyelmet kell fordítani az 1 m³-re eső energiahordozó felhasználásra”. Az 1975-ös tanulmányában Herpay jórészt lefektette a – később „Soproni Sorozatelemzési Módszer”-ként ismertté vált – munkarendszer-elemzési és fejlesztési alapelveket.

„A fahasználati munkarendszerek kutatása Magyarországon az 1970-es évek második, és az 1980-as évek első felében élte virágkorát, elsősorban az Erdészeti és Faipari Egyetem Erdőhasználati Tanszékének remek kollektívája révén. Herpay Imre mellett, a rendkívüli gazdaságmatematikai vénával rendelkező Rumpf János neve fémjelezte ezt a korszakot. Ebben az időben dolgozták ki a Soproni Sorozatelemzési Módszert, amelynek segítségével gazdasági döntéseket megalapozó számításokat végeztek. Nagyszabású munkarendszer-elemzéseikhez jó háttérül szolgált a magyar erdészet, és különösen a magyar fahasználat korábban sosem látott mértékű műszaki fejlesztése” (Gólya 2003).



Az ERTI Technológia Fejlesztési Csoport tagjai: Gólya János, Ormos Balázs, Keresztes György a kőszegi erdőben (1987)

1985-ben az ERTI létrehozta Gólya János irányításával a Technológiafejlesztési Csoportot (tagjai: Gólya János, Ormos Balázs, Keresztes György), amelynek feladata volt a fahasználati munkatechnikák, művelési technológiák és munkarendszerek fejlesztése hazai állományokra, alapul véve a külföldön elsősorban fenyőre alapozott munkarendszereket. 500 erdőrészletben végeztek felvételeket, az időtanul-

mányok mellett a fakitermelők ergonómiai vizsgálatait is végrehajtották, továbbá kárfelvételezések is történtek. Új módszereket dolgoztak ki (pl. Kárászi rövidfás munkarendszer; tömeges darabolás, szerszámöv használata; BEYA módszer) a termelékenység és a kíméletesség javítása érdekében. Az alapkoncepció az volt, hogy a fenyő törzskiválasztó gyérítésektől kezdve módszeresen végig haladnak a lomb véghasználatokkal bezárólag, minden előforduló beavatkozáson. A rendszerváltozás előszele azonban „szétfújta” a csoport kutatóit.

Az elmúlt két évtizedben ilyen irányú kutatások és fejlesztések iránt a magyar erdészársadalom érdeklődése alábbhagyott, ami nem jelenti azt, hogy nem lettek volna,

és jelenleg sem folynának fahasználati munkarendszerekhez és azok gépeihez kötődő kutatások. Az Erdőhasználati Tanszék és jogutódjainak oktatói és kutatói többek között nemzetközi és hazai projektek keretében vettek részt különféle gépfejlesztésekben (harveszterfej fejlesztés lombos állományokhoz és darus markolós-vonszoló vizsgálata – forstInno; erdészeti többcélú kihordó, erdészeti elektromos közelítőgép, vágástakarítógép, sorfüggetlen betakarítógép fejlesztés). Az elmúlt tíz évben jelentősen megemelkedett a hazai állományokban dolgozó harveszterek, forvarderek, aprítógépek száma, így a kutatások jellemzően e gépekre koncentrálnak (munkaidőelemzés, teljesítmény meghatározás, kíméletességi vizsgálatok, faanyagfelvételezés). Többműveletes fakitermelő gépek terén fontos eredményeket szolgáltatott a hazai lombos állományokban való alkalmazhatósági vizsgálatuk.



Rumpf János a forstINNO nemzetközi projekt keretében lombos állományok kitermeléséhez fejlesztett CTL-40HW harveszterfejjel (2005)

Harveszterek, forvarderek, duál és kombigépek esetében kutatott terület a tarvágástól eltérő fahasználati módokban való ökonómiai és ökológiai létjogosultságuk. Különféle munkatechnikák (pl. harveszter esetében hajkvágásos és szakaszos fakitermelési technika), gépkezelői tudás, műszaki fejlesztések (daru, kabin, járószerkezet, térinformatikai és logisztikai szoftverek alkalmazása stb.) teljesítményre, gazdaságosságra és kíméletességre gyakorolt hatásának, ill. a vágástéri melléktermék (apadék, dendromassza) hasznosítására épülő aprítéktermelési-ellátási láncok vizsgálata képezi napjaink fő kutatási irányát. A munkaerőhiány okozta gépesítési igény következtében a jövőben is folytatódni fognak a fahasználat gépeihez kötődő kutatások, szakemberképzés és gépfejlesztésekben való részvétel is.

A többcélú fakitermelő gépekre (harveszterek és processzorok) jellemző, hogy nemcsak a faanyag kitermelésére, hanem azzal egyidejűleg a termelt választékok köbtartalmának meghatározására is képesek. Ma még Magyarországon ezen adatok nem elfogadottak, a harveszteres munkát követően a hagyományos módon, kézi eszközös köbözással

történik a faanyag felvételezése. Számos országban azonban ezen adatokat elfogadják és a készletgazdálkodás alapját képezik. Az elmúlt években összehasonlító vizsgálatokat végeztünk, hogy a harveszteres készletadatok milyen mértékben térnek el az elfogadott kézi eszközös felméréstől.

Szintén napjaink kutatási témája a hektáronként kitermelhető faanyag mennyiségének és választék-összetételének vizsgálata különböző befolyásoló tényezők hatására. Bizonyos fahibák megjelenése korhoz kötött, ezért a vágáskor helyes megválasztásának fontos szerepe van a választék-összetétel alakulására. Az egészségi állapot az élőfakészlet minőségi jellemzői mellett azok mennyiségére is hathat. A vágáskor emelésének a választék-összetételre gyakorolt hatásának vizsgálata három fafaj (tölgy, bükk és erdeifenyő) esetén történt. A választék-összetételt befolyásolja az eredet is, ezért szükséges a mag- és sarjeredetű állományok választék-összetételének összehasonlítása is.

A jövő kutatási témája lehet a sarangolt fatermékek számbavételi módszerének felülvizsgálata, pontosítása. A gyakorlatban a sarangolt választékok számbavétele erőgazdaságunként változó, a tömör köbméter és az erdeiköbméter (erdei ürméter) közti átszámítás során más-más értékekkel dolgoznak. A fapiaci igények és a gépesítettség megváltozása miatt a sarangolt választékok szokványos paraméterei is megváltoztak (2 m-es hossz, vastagabb átmérotartomány). Fentiek, valamint az EUTR bevezetése halaszhatatlanná tették a gyakorlati módszerek felülvizsgálatát, adott fafaj esetén egységes átszámítási tényezők használatát. Az átszámítási tényező a fafajokon kívül függ a sarangban lévő fák átlagos átmérőjétől, illetve annak szórásától is. A tervezett kutatás során meghatározandók, hogy a különböző fafajok és átlagos átmérők esetén milyen átszámítási tényezőket használjunk.

Nyugat-Európában is intenzív vizsgálatok folynak a fahasználati munkamódszerek, technológiák és munkarendszerek fejlesztésével kapcsolatban. A KWF (Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik) német szervezet erdészeti gépek, munkaeszközök és személyi védőfelszerelések minősítésével, technológiák fejlesztésével, erdészeti információterjesztéssel és erdészeti kiállítások (KWF-Tagungen) szervezésével foglalkozik. Az elvek azonban külföldön is változtak, amit egyrészt az utóbbi időkben szinte egyeduralgódóvá vált harveszter–forvarder munkarendszer, másrészt az autonóm munkaszervezetek terjedése jellemez.

Mellékhasználat

Az erdei mellékhasználat, az erdei termékek használata az emberiség történelmével egyidős, hiszen kezdetben a megélhetés fő forrását az erdő jelentette; a bogyók, gombák, gyümölcsök, a méz vagy a vadállatok húsa, bőre. A különféle növények, valamint a méz gyógyító erejének korai felismerését régészeti leletek is igazolják. A bányászat fellendülésével azonban a 14. századtól az erdők fatermesztési szerepe került előtérbe, s az „egyebeket” csak, mint a mellékes haszonvétel termékeit említették. Az erdő hasznosítási lehetőségei a faanyag nyérésén túl rendkívül sokfélék, ezek közül elsősorban az erdészeti kutatások szempontjából kerül említésre néhány.

Hazánkban évszázados hagyománya van a gyógynövény hasznosításnak. Írásos emlékünk csak a középkortól van, a letelepedő szerzetesek munkáiban olvashatunk a témához kötődően. 1913–14-ben Kolozsváron Práter Béla, a Magyar Királyi Állami Vetőmagvizsgáló Állomáson indította el a gyógynövények magyarországi tanulmányozását, illetve gyógynövény telepeket hozott létre. Budapesten 1915-től a Gyógynövény Kísérleti Állomáson Augustin Béla vezetésével folytak a kutatások, ahol kezdetben a növényi gyógyszeralapanyagok biztosításának lehetőségeit vizsgálták. Hatóanyagtartalom meghatározást végeztek, új fajokat kerestek, gyógynövényminősítő rendszert dolgoztak ki. Az 1950-es évek végétől a nagyüzemi termesztési rendszerek kialakításával igyekeztek a gyógyszergyárak drog alapanyag igényét biztosítani. Napjainkban is a hazai gyógynövénykutatások bázisát jelenti, ma már Gyógynövénykutató Intézet Kft. néven.

Már a honfoglalás előtti időkben is volt a Kárpát medencében méhészkedés, amely nélkülözhetetlen megélhetési forrást jelentett és kiemelkedő haszonnal járt. Jelentősége először az 1700-as évek elején kezdett visszaesni. Mária Terézia intézkedéseinek, és Tessedik Sámuel által az oktatásba történő bevezetésnek köszönhetően lendült fel újra a magyar méztermelés. Tessedik sokat tett az akác meghonosítása érdekében és foglalkozott a méhlegelő javításával, más mézelő fák vizsgálatával. Az erdészeti kutatások e téren az 1960-as években kezdődtek, számos kutató foglalkozott, foglalkozik az akác méhészeti célú hasznosításával, kiemelkedő alakjai közé tartoznak: Fleischmann Rudolf, Keresztesi Béla, Kopecky Ferenc, Németh Jenő, Bach István, Csiba Imre. A méhlegelő-javítási és nemesítési célok között szerepelt, hogy későn, hosszan és nagy mennyiségben virágzó fajtákat szelektáljanak, amelyek nektártermelése is meghaladja a közönséges fehér akácét. A méhlegelő fejlesztési kutatások napjainkban is jelentős szereppel bírnak.

A fonóvessző- és kosártermelés ősi mesterségek egyike. Cserny Győző 1900-ban a „nemes (kosárkötő) fűzek okszerű tenyésztéséről” írt tanulmányában kerül először részletes bemutatásra a „fűzművelés” és annak gazdasági jelentősége. A 2. világháborút követően a hazai kosártermelés szinte teljes egészében az akkor már Erdőgazdasági Fűz- és Kosáripari Vállalat néven működő szervezet felügyelete alatt folyt. Ebben az időszakban a termékek nagy részét exportra szállították és jelentős árbevételeket értek el. Vizsgálatok folytak a fűztelepek létesítésével, a letermelési technológiákkal, gyomirtási és tápanyagutánpótlási feladatokkal kapcsolatban. Az 1980-as évek végére a konkurens külföldi cégek megerősödtek és a kelet-európai országok nyomott árakkal elfoglalták a piacot. A belföldön való fokozottabb megjelenés és a termékstruktúra megreformálása sem segített, az erdőgazdasági fonófűz termelés háttérbe szorult.

A szarvasgombát és annak hasznosítását említő legkorábbi magyar feljegyzés egy 1588-ból való bírói rendelkezés, amely szabályozta a gyűjtést. A 19. század végétől vizsgálták a termesztés lehetőségét, annak menetét. Az első magyarországi ültetvény telepítése (1901) Kondor Vilmos erdőmester nevéhez fűződik. Hollós László 1911-ben megjelent „Magyarország földalatti gombái” című könyvében ír az előforduló szarvasgomba fajok gyűjtési, termesztési lehetőségeiről. A háborúkat követően Szemere László lendítette fel a kutatásokat, kísérleti ültetvényeket telepített. A mikorrhizált csemeték előállítására kidolgozott módszerrel francia és olasz kutatók az 1970-es években sikeresen fertőztek

meg nyári szarvasgombával közönséges mogyorót, török mogyorót, tölgyeket, közönséges gyertyánt, feketefenyőt és Atlasz-cédrust. Hazánkban 1982-től merült fel újra a szarvasgomba termesztésének lehetősége. Számos kutató, többek között Bratek, Csorbainé, Gógán, Szeglet, Ulrich vizsgálta a gombafajok termőhelyi igényeit, a mikorrhizált csemeték növekedését, a faállomány és a szarvasgomba közötti szimbiózis kimutatható előnyeit. A francia szarvasgomba termesztéstechnológiáját Barna Tamás erdőmérnök írta le először. Jelenleg több egyetemen is zajlanak kutatások és termesztési kísérletek, a Nagykunsági Erdészeti és Faipari Zrt.-nél ezekre épülő ágazat is működik.

A 19. század vége felé nőtt meg a cserkéreg iránti igény Nyugat-Európában, ami által a magyar cserkéreg keresett erdei melléktermék lett. Roxer Vilmos 1880-ban a cserhántás gazdaságossági kérdéseit vizsgálta. Franciaországi hántási módokat (kéreg gőz által történő lefejtése), eljárásokat tanulmányoztak (Horváth 1878). Rövid vágásfordulóval (20 év) kezelt cserhántásos sarjerdőket terveztek. Hamar bebizonyosodott azonban, hogy az ilyen módon történő gazdálkodás kizsigereli a talajt. Az 1935. évi erdőtvény megtiltotta a 20 éves vágásfordulót és a 100 hold feletti cserzéses tarvágást. A cserzőanyagtermelés a törvényi szabályozás és az ásványi, majd az olcsóbb szintetikus cserzőanyagok megjelenésével szűnt meg.

A gyantatermeléssel kapcsolatos hazai kutatások a két világháború közötti időszakban kezdődtek Roth Gyula kísérleteivel. A fokozódó igény és az exportlehetőségek beszűkülése miatt, az 1940-es évek után újbóli vizsgálatok indultak annak érdekében, hogy a faállományok károsodása nélkül tudják fedezni a hazai gyantaszükségletet. 1946-ban, a 3 éven belül véghasználatra tervezett fenyő állományokban megkezdődött a termelés. Kimutatták, hogy a termőhely erősen befolyásolhatja a gyantahozamot, ezért a Dunántúlt 4 gyantatermelési tájegységre osztották. Az 1950-es években kezdték kutatni a gyantahozam növelésének lehetőségeit és alkalmazni a savas csapolási technológiát. Egy brennbergbányai kísérleti területen 1200 mintatörzset vizsgálva 70–100%-os többlethozamot mértek a hagyományos bécsi gyalus eljáráshoz viszonyítva (Bokor 1949). Előfordultak olyan állományok, amelyek 2,5–3,5 kg/törzs átlaghozamot adtak. Azzal a módszerrel is kísérleteztek, hogy a bontás következtében nagyobb korona fejlődött, nőtt az asszimilációs felület, ezáltal a gyantahozam. Az ERTI-ben „Gyantászás munkaszervezése és munkafogásai” című szakmai utasítást dolgoztak ki. A hetvenes években végbement vegyipari fejlődések miatt a terpentín és más gyantából kinyerhető alapanyagok vegyi úton történő előállítás olcsóbbá vált, így a gyantagyűjtés és fenyőgyantafeldolgozás egyre inkább veszteségessé vált, olyannyira, hogy 1994-ben az Erdőkémia Vállalat is – amelynek egyik célja a Magyarországon begyűjtött gyanta feldolgozása volt – felszámolás alá került. Az erdőtvény továbbra is lehetőséget ad fenyőgyanta gyűjtésre a véghasználatot megelőző 5 éven belül.

Iby (Pankotay) Gábor 1948-ban a „hazai erdőségeink egyik legfontosabb mellékhasznóvétele”-ként írta le a mészégetést. Az 1960-as években tovább nőtt a jelentősége, mert az ipari előállítás minősége nem volt megfelelő a mezőgazdaság speciális igényeit szolgáló mész előállítására. Elkezdtek vizsgálni a termelési lehetőségeket. Becsléseket végeztek, miszerint a mészkővel rendelkező erdőgazdaságok potenciálisan 30 000 tonna égetett meszet tudnak előállítani, 50 000 m³ faanyag felhasználásával. A mészégetés fejleszté-

sével párhuzamosan az erdei faszénégetés fokozását is javasolta Lukács István (1968), amelyek az akkori jelentős tűzifa értékesítési problémákra megoldásként mutatkoztak. A külföldre történő értékesítés lehetőségeinek feltárására piacutatókat folytattak. Laboratóriumi elemzéseket dolgoztak ki a mészke tisztaságának megállapítására, valamint a különböző fafajok „adta” faszén minősítésére. Munkaerőigény meghatározásával és gazdaságossági kérdésekkel is foglalkoztak. A Bükkben a mészkemencék a Bükki Nemzeti Park megalakításáig működtek. A tűzifa árának emelkedésével és a munkaerőhiány miatt az erdei mészégetés és szénégetés napjainkra gazdaságtalan tevékenységgé vált.

Az erdei melléktermékek felhasználását és fejlesztési lehetőségeit többek között Lukács István (1961), Kollár Gyula (1964), Ébli és Szalkay (1983) vizsgálta, elemezték a melléktermékek hasznosításával foglalkozó erdőgazdasági szakkivállalatok (Erdőkémia Vállalat; Erdei Termék Vállalat, Békési Kosáripári Vállalat) működését, tevékenységeik gazdaságosságát. Benedek Attila és munkatársai (1972) modellszerű elemzésekkel állapították meg az erdei mellékhaszonvételi potenciálokat, és tárták fel az üzemszerű begyűjtés ökonómiai kérdéseit. A '90-es évek végére a szakkivállalatokat felszámolták, a szervezettség fellazult. Hegedűs Attila és Szentesi Zoltán (1999) országos felmérésük alapján arra következtetésre jutottak, hogy jelentős visszaesés tapasztalható, a melléktermékekből származó árbevétel a fakitermeléshez képest csupán 1%. Napjainkban újabb törekvések tapasztalhatók az erdei mellékhasználatok fejlesztésére, amelyekhez akár az agro-erdészeti rendszerek is jó alapot biztosíthatnak.

Irodalom

- Bartha Á. 1911: Fadöntőcsavar álló fáknak tetszés szerinti irányban való döntésére. Erdészeti Lapok 50(7): 455–478.
- Barna T. 2006: Mikorrhizák alkalmazása az agráriumban (V.), Gyakorlati agrofórum, 17/4.
- Bokor R. 1949: Gyantatermelésünk. Erdészeti Lapok 85(3): 56–64.
- Dérföldi A., Szász T., Huszár E. és Huszár E.-né 1961: Munkatanulmány egy síkvidéki tölgyzálerdőben végzett tarvágásos fakitermelésről. Erdészeti Kutatások 57(1–3): 3–36.
- Dérföldi A., Huszár E. és Szász T. 1962: Munkatanulmány egy síkvidéki tölgyzálerdőben végzett tarvágásos fakitermelésről. 2. közlemény. Erdészeti Kutatások 58(1–3): 189–208.
- Erler J. 2001: 125 Jahre Waldarbeit Teil 2. Beginn der Forstlichen Arbeitswissenschaft. Forst und Technik 11: 18–19.
- Gfeller P. 2004: Szarvasgombás ültetvények Magyarországon...? Erdészeti Lapok 139(6): 187.
- Gogl A. 1907: A teherautomobil az erdészet szolgálatában. Erdészeti Lapok 46(13): 815–818.
- Gólya J. 1986: BEYA – eljárás. Erdészeti Kutatások 78(1): 147–151.
- Gólya J. 2003: Fakitermelési munkarendszerek gyéritésekben. Doktori értekezés, Sopron, 171 o.
- Hegedűs A. és Szentesi Z. 1999: Erdei melléktermékek jelentősége Magyarországon. Kézirat, Sopron, 173 o.
- Herpay I. 1975: A fahasználati munkarendszerek fejlesztésének elvi kérdései és néhány lehetősége. Az Erdő 5: 219–224.
- Horváth B. (szerk.) 2016: Erdészeti gépek. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest, 476 o.
- Horváth S. 1878: A Nomaison-féle cserkéreg-hántás. Erdészeti Lapok 17(11): 714–716.

- Jankó S. 1912a: A csúsztató utak. Erdészeti Lapok 51(17): 679–699.
- Jankó S. 1912b: A csúsztató utak. Erdészeti Lapok 51(18): 738–757.
- Káldy J. 1976: A hosszúfás termelési rendszer hazai eredményeiről és a további teendőkről. Az Erdő 111(11): 481–489.
- Nikel Zs. 1868: A fadóntéstről. Erdészeti Lapok 7(2): 61–66.
- Pallay N. 1936: Erdőhasználati időtanulmányok III. Erdészeti Kísérletek 38(1–2): 234–261.
- Pausinger J. 1878: A kézfűrészekről és fűrészgépekről. Erdészeti Lapok 17(12): 739–747.
- Roth Gy. 1943: A gyantacsapolás jövője. Erdészeti Lapok 82(3): 102–112.
- Rumpf J. (szerk.) 2016: Erdőhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 390 o.
- Solymos R. 1976: Fatermelési rendszerek kidolgozásának és alkalmazásának lehetőségei. Az Erdő 111(1): 4–7.
- Szász T. 1972: Az erdőhasználati kutatás 75 éves múltja. Az Erdő 11: 497–510.
- Török B. 1929: Az erdőhasználati munka racionalizálása. Erdészeti Kísérletek 31(3–4): 332–345.
- Török B. és Plauder N. 1932: Erdőhasználati időtanulmányok. Erdészeti Kísérletek 34(1–4): 94–113.
- Wagner K. 1871: Lo-Presti pálya. Erdészeti Lapok 10(1): 33–35.
- Walter F. 1980: A processzorok helye és szerepe a hazai fakitermelésben. Erdészeti Kutatások 73(1): 127–132.

Forest utilization

Initially the forest provided shelter and food supply for humanity but after awhile the demand and the importance increased to use the tree species as raw material for timber. The increase in performance was initially seen in the development of handheld devices. Waterways played an important role in moving the timber, but they were quite expensive to build. Over the decades, forest railways took over the main role of timber moving, followed by gravity-based solutions. After the World War I the rationalisation of forest management became at the forefront of research. After the World War II, the possibilities and effects of technical improvements in both production and material handling began to be studied. Thanks to mechanization and the development of modern work systems, the specific working time was significantly reduced. The protection of the health of the workers in the wood industry and the methods of careful felling both became a priority. In the last two decades, research and development related to woodworking systems and their machinery has continued.

The subsidiary use of forest products is contemporaneous with mankind. There is a centuries-old tradition in Hungary of studying and using herbs. Research linked to beekeeping have been concerned with the improvement of bee pastures and selecting other nectar producing tree species – especially the black locust. The possibilities and methods of cultivating truffles have been studied in our country since the end of the 19th century. Research related to tannin and resin production has become obsolete due to the development of the chemical industry. The profession of burning lime and the production of charcoal played a major role in solving the problem of firewood sales in the second half of the 20th century. Nowadays both activities have become uneconomic due to the rising prices of firewood and labour shortages.

ERDŐFELTÁRÁS

Péterfalvi József, Primusz Péter és Gerely Ferenc

Az erdőfeltárásról általában

„Az erdőfeltárás fogalmkörébe soroljuk mindazokat a szállítópályákat, eszközöket, berendezéseket és tevékenységeket, amelyek azt a célt szolgálják, hogy az erdő egyes részei megközelíthetők legyenek és ezáltal:

- a természetközeli, többcélú erdőgazdálkodáshoz szükséges anyagokat, eszközöket, személyeket az erdő különböző részeihez el lehessen juttatni,
- az erdőgazdálkodás termékeit elő lehessen állítani és azokat a megtermelés helyétől az elsődleges fogyasztóhoz el lehessen juttatni,
- a közjóléti szolgáltatások és immateriális javak a társadalom számára széles körben elérhetőek legyenek,
- a védelmi feladatokat el lehessen látni,
- úgy, hogy a talaj, a faállomány és táj a lehető legkisebb mértékben károsodjon” (Kosztka 2000).

Az erdőben végzendő bármilyen tevékenység elengedhetetlen feltétele tehát az erdő megközelíthetőségének biztosítása, vagyis az erdő feltárása, amely két fő tevékenység-csoportba sorolható:

- *Feltárási rendszerek kialakítása:* feltáráshálózatok, a szükséges feltártság biztosítása;
- *Feltárási létesítmények tervezése, építése, üzemeltetése és fenntartása:* utak, vasutak, egyéb közlekedési és szállítópályák azok üzemi létesítményeivel (rakodók, kitérők, parkolóhelyek stb.) együtt.

Az erdőfeltárással kapcsolatos kutatás általában K+F jellegű, kultúrmérnöki irányultságú tevékenység. Eszközrendszere azon munkák összessége a hozzájuk tartozó eszközökkel, berendezésekkel és anyagokkal, amivel a célokat megvalósítják. Mint minden műszaki-építési tevékenységnek, az erdőfeltárásnak is alapvető jellege a technoszféra bevitelle az érzékeny bioszférába. A kutatások területe ezért nemcsak a műszaki megvalósítás és üzemeltetés, hanem a beavatkozások ökológiai rendszerekre gyakorolt hatásának mérséklése. Ebből következően az erdőfeltárás kutatásához műszaki, üzemgazdasági és ökológiai szempontok együttes figyelembevétele szükséges.

Az erdőfeltárás tudományterülete az erdészeti műszaki tudományok meghatározó része, szoros összefüggésben elsősorban az erdőhasználattal, az erdőműveléssel, az erdővédelemmel, a közjóléti szolgáltatásokkal, az erdészeti igazgatással, valamint a kultúrmérnöki tudományokkal (Cornides 1963). Ennek tudható be, hogy más erdészeti részterületekhez képest ezen a téren kevés speciális kutatómunka folyt és folyik, az is elsősorban az oktatás és gyakorlat terén. A tudományos kutatás irányát alapvetően a mindenkorai erdőgazdálkodás jellemzői, a rendelkezésre álló technika és építőanyagok alkalmazhatósági vizsgálata, vala-

mint a társadalmi igények határozzák meg. Az erdőfeltárás eszközrendszerének korszakok szerinti csoportosítása az erdőgazdálkodás módja szerint a következő:

- Múlt: fakitermelés központú vágásos erdőgazdálkodás (19. sz. – 20. sz. közepe),
- Jelen: a többcélú (3 funkciós) vágásos erdőgazdálkodás (20. sz. közepétől napjainkig),
- Jövő: a többcélú, örökerdő fenntartását és a klímaváltozás mérséklését célzó erdőgazdálkodás.

A feltáráshálózatok kialakításának alapja elsősorban az erdei termékek gazdaságos szállításának igénye, amit számos más tényező is befolyásolhat (üzemi forgalom, turizmus, lakott helyek megközelítése stb.). A szállítópályák sűrűsége és műszaki paraméterei az erdőgazdálkodás igényei szerint, valamint az általános technikai színvonal függvényében változnak. Az erdőfeltárás rendszere számos elemet foglal magában. Ezek a szállítópályák és rakodók (közéltető nyomok, utak, vasutak, kötélpályák, rakodók, gravitációs pályák: csúszdák és vízi utak), a szállító eszközök, járművek, valamint az építési, karbantartási gépek és anyagok.

Azért, hogy a kutatás irányultságát rendszerbe lehessen foglalni, *korszakonként* ismertetjük azokat az eszközöket, amelyek az erdőfeltárás *céljainak* megvalósításához szükségesek.

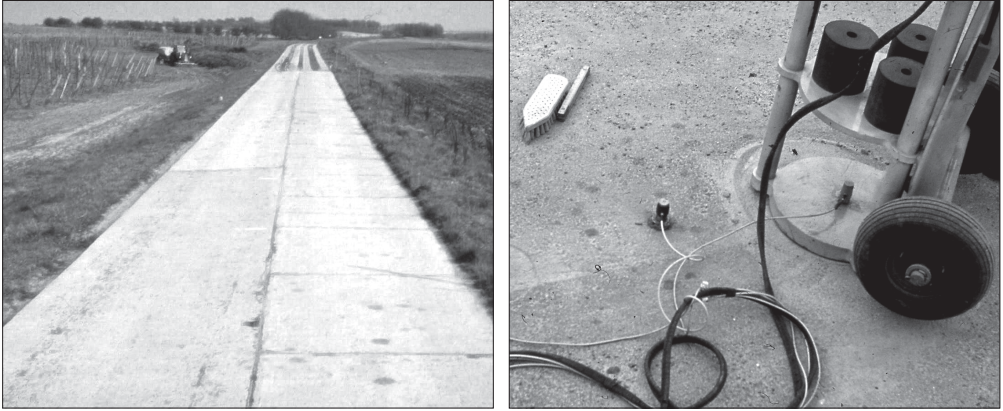
Múlt: fakitermelés központú vágásos erdőgazdálkodás (19. sz. – 20. sz. közepe)

A korszakra jellemző, hogy erdőfeltárást a koncentrált, nagy területre kiterjedő tarvágások igényelnek. Igás, vasúti és vízi szállítás a jellemző. Megjelennek az állandó jellegű eregető kötélpályák és siklók (Szécsi 1883). A faanyag mozgatásában döntő szerepe van a gravitációnak. A feltárási létesítmények építése és az üzemi forgalom kizárólag állati erővel mozgatott járművekkel történik a korszak elején, de ez a II. világháború után megváltozik. A kőalapú utaknál kezdetben a kézzel rakott alap a leggyakrabban alkalmazott pályaszerkezet. Az utak pályaszerkezetének anyaga szinte kizárólag csak kő (sokszor helyszínen fejtett anyag). A karbantartást is kizárólag kézi erővel végzik az útkaparó munkások.

A tervezési tevékenységre jellemző, hogy a feltáráshálózatok átfogó tervezése csak a faanyag és kőanyag szállítására koncentrált. A tervezés technikája a poláris alapú tervezés és kitűzés, ami sok manuális terepi munkát igényel. Jellemző a mechanikus számológépek és segéd táblázatok alkalmazása. A pályák tengelyét a tervezés alatt a terepen tűzik ki. A pontos kiviteli tervek a kézi földmunka elszámolásának alapját képezik (Rikly 1937a,b). Az irodai munka szinte csak a dokumentálásra korlátozódik. A pályaszerkezetek és építési anyagok meghatározása elsősorban empirikus úton történik.

Pankotai (1985) munkájában olvashatjuk, hogy „az első feljegyzéseket a tehergépkocsi erdészeti alkalmazására az 1906-os Erdészeti Lapok 503–504. oldalán találjuk „automobil az erdőgazdaság szolgálatában” címmel.” Ennek ellenére az erdőgazdaság szállítási feladataira a teherautót csak az 1950-es években kezdték el rutinszerűen bevetni. Hamar felismerték a gazdálkodók azt, hogy a tehergépkocsi gazdaságos üzemeltetése igényli a megfelelő járófelülettel és útpályaszerkezettel ellátott úthálózatot.

Kezdetben az útpályaszerkezeteket szinte mindig közel azonos anyagból és azonos vastagságban építették meg a forgalom nagyságától és az altalaj teherbírásától függetlenül. Idővel rájöttek a mérnökök, hogy az útpályaszerkezetek tönkremenetelében a földmű teherbírásának és a rajtuk áthaladó nehéz teherforgalomnak van kiemelkedően fontos szerepe. Ezt először az 1950-es évek végén az USA-ban elvégzett nagyminta kísérletek igazolták.



A Makk-pusztai kísérleti útszakasz (bal) és az első kísérleti dinamikus teherbírás mérés (jobb)

Ezek közül az ún. AASHO útkísérletek (American Association of State Highway Officials) eredményei váltak széles körben elismertté. Hazánkban a közutak pályaszerkezetének méretezésére már 1965-ben bevezették a módszert, amit igen hamar adaptált az erdőfeltárás szakterülete is. Annak tisztázására, hogy az AASHO útkísérleteken alapuló méretezési vonal érvényessége kiterjeszhető-e az erdészeti utak forgalmi viszonyaira, 1974-ben megépült a Makk-pusztai kísérleti út (Herpay et al. 1975). A kísérlet célja a gazdasági és egyéb kifizető utak méretezési kritériumainak megállapítása volt. A projekt Magyarország és a Német Demokratikus Köztársaság (NDK) együttműködésében valósult meg. Magyarországról a KPM, a KÖTUKI, a BME Út- és Vasútépítési Tanszéke, és az Erdészeti és Faipari Egyetem Erdészeti Szállítástani Tanszéke vett részt a kutatásban. A kísérleti út a Komáromi Állami Gazdaság területén, Nagyigmánd község határában, Makk-pusztánál valósult meg. A választás azért esett erre a területre, mert itt megfelelő, nem fagyveszélyes (homok) talaj található. Az NDK területén 2 db ugyanilyen kísérleti utat létesítettek fagyveszélyes altalajon. Az út 1665 m hosszú, eredetileg mindkét végén fordulóval kialakítva. Koronaszélessége 7,50 m, burkolatszélessége 6,00 m. Az úton 72 különböző pályaszerkezettel megépült szakasz lett elkülönítve. Az utat műforgalommal terhelték. Az egyes szakaszok leromlását rendszeres behajlásmérésekkel, keresztaszvényszintezésekkel követték nyomon. Az út mellett meteorológiai mérőhelyet is kialakítottak. Az első kísérleti dinamikus teherbírás mérések is itt lettek végrehajtva és dokumentálva Magyarországon. Bár számszerű eredményeket a kísérleti út nem adott, mégis le lehetett vonni néhány olyan következtetést, amelyeket a kis forgalmú utak pályaszerkezetének méretezésekor és tervezésekor fel lehetett használni.

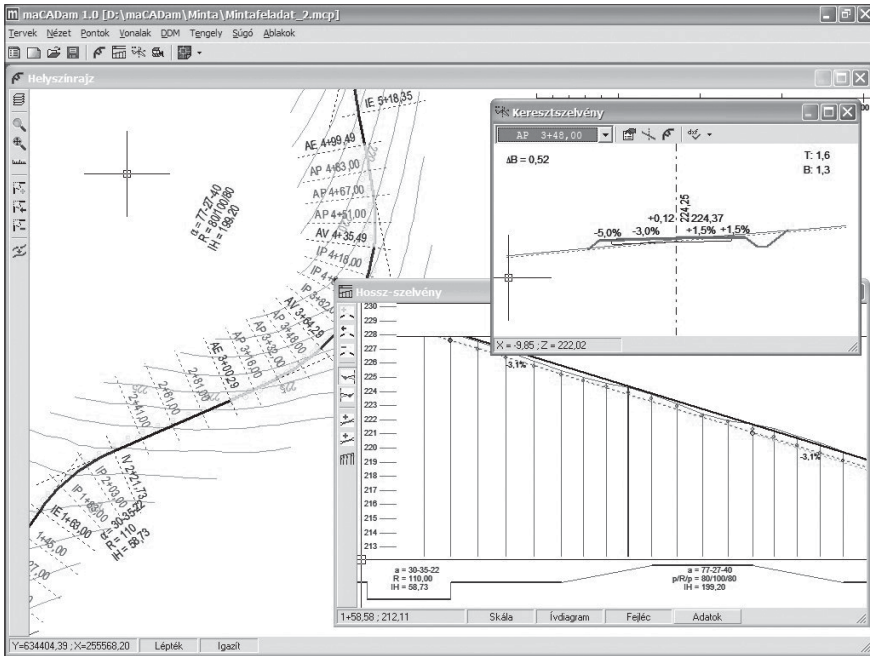
Jelen: a többcélú (3 funkciós) vágásos erdőgazdálkodás (20. sz. közepétől napjainkig)

Az erdőgazdálkodás jelenlegi korszakában a társadalmi igények új szempontok betartását követelik meg. Döntő szerephez jutnak a természetvédelmi és a szociális követelmények. A többcélú tartamos erdőgazdálkodás általánossá válik és egyre nagyobb figyelem terelődik az állandó erdőborítottság ökológiai szempontokat kihangsúlyozó módszereinek irányába. Az anyagmozgatás és üzemi forgalom teljes mértékben gépjárművek használatán alapul. Az állandó jellegű kötélpályákat mobil áthelyezhető kötélpályák váltják fel. Kutatási munka folyik a kötélgörbék matematikai leírására (pl. Szabó Gyula, EFE). Az erdei vasutaknak csak közjóléti szerep jut. Az anyagmozgatásban a gépi erő alkalmazása kizárólagos. A korszaknak megfelelő módszerek kifejlesztése és alkalmazása tudományos megalapozást igényel. A szállítópályák gyakorlatilag kizárólag utakra korlátozódik. A pályák méreteit a szállításban alkalmazott gépkocsik méreteihez kell igazítani, a régi útpályák átépítésre kerülnek (Herpay 1961). A feltáróhálózatok és erdészeti utak tervezésénél általánossá válik az informatika és digitális mérés-technika alkalmazása.

A tervezési tevékenységre jellemző, hogy a feltáró hálózat átfogó tervezésében új igények (üzemi forgalom, turizmus, környezeti és ökológiai szempontok) jelennek meg. Tanulmánytervek, ezen belül feltárási alaptervek készülnek. Az ERDŐTERV gárdája az 1960-as években Cornides György irányítása mellett valamennyi erdészeti körzetre kidolgozta az akkori igényeknek megfelelő erdőfeltárási úthálózat javaslatát semleges vonalak meghatározásával. Ez volt az alapja a ma létező magyarországi erdőfeltáró hálózatnak és az elkövetkező évek beruházási támogatásának. A módszerek kifejlesztése tudományos munkát igényelt (Cornides 1967).

A műszaki kiviteli tervezés az 1970-es években a poláris geometria alkalmazásáról áttér a koordináta alapú tervezésre. Az erdészeti úttervezésben ezt a módszert először az ERFATERV tervezőgárdája (Vándor Gábor, Szalay Gábor, Gerely Ferenc) dolgozta ki és alkalmazta. A tervező munka súlypontja a terepről az irodába helyeződik át. Új műszerek jelennek meg és általánossá válik az elektronikus számoló-, majd számítógépek alkalmazása. A digitális terepmodell alapján készült tervi kitézése a tervezés után történik. A technikai hátteret az elektronikus számítógépek és mérőállomások megjelenése biztosítja. A pályaszerkezet méretezése és az építési anyagok alkalmazása az empirikus ismeretek mellett tudományos kutatások alapján történik.

A Soproni Egyetemen a 80-as évek végén megjelenő személyi számítógépek elterjedésével a korábban fejlődésében megtorpant számítógéppel támogatott úttervezés újabb lendületet kapott. Ennek gondozását Péterfalvi József kezdte el. Az általa kidolgozott számítógépes program 1990-től állt a felhasználók rendelkezésére. Ennek és az 1996-ban megjelent „Útmutató a számítógéppel támogatott úttervezéshez” egyetemi jegyzet felhasználásával Markó Gergely létrehozta először „ERDUTTERV”, majd „maCADam” nevű, önálló grafikus felülettel rendelkező úttervező szoftvert.



A maCADam úttervező szoftver képernyőképe

A szoftver a felületmodellező és a földtömeg eloszlást bemutató funkcióival támogatja a domborzathoz a lehető legjobban simuló, tájba illeszkedő vízszintes és magassági vonalvezetés kialakítását, amely egyben a legkisebb terület-igénybevételt is jelenti. Az egyes utak helyszínrajzi, magassági és keresztmetszeti tervezésének támogatásán kívül, a szoftver rugalmas helyszínrajzi tengelytervezési modulja jól alkalmazható meglévő úthálózatok térképi tengelyeinek pontosabb ábrázolásánál.

Az Erdőfeltárási és Vizgazdálkodási Tanszéken folyamatos fejlesztő tevékenység folyik az erdőfeltárás és az erdészeti útügy elméleti és gyakorlati megújítása területén. Kosztká Miklós kidolgozta a természetközeli, többcélú, többtulajdonosú erdőgazdálkodásnak megfelelő erdőfeltárás elméleti alapjait (Kosztká 2000). Az elméleti alapok térinformatikai megvalósítását Péterfalvi József indította el, aki ezzel a témával 1995-től kezdődően foglalkozott (Péterfalvi 1997). A DigiTerra Map erdészeti geoinformatikai program alkalmazásával megteremtette a dinamikus feltáráshálózat-tervezés lehetőségét. 2000-ben a fejlesztő csoport újabb taggal bővült Markó Gergely személyében. A közös munka eredményeként megszületett „A Börzsöny komplex közjóléti feltárása” című kutatásfejlesztési jelentés, amely a korábban kidolgozott elvek gyakorlati használhatóságát bizonyította be (Kosztká et al. 2004).

Építés és üzemeltetés terén ebben a korszakban a feltáróutak és egyéb feltárási építmények döntően gépi munkával készülnek. A korszerű gépek alkalmasak pontos és igényes felületek kialakítására. A kő alapanyagú utaknál általános lett a szórt útalapú itatott makadám és a stabilizált útpályaszerkezetek alkalmazása. Megjelentek a vegyi alapú anyagok és alkal-

mazásuk, elsősorban a remix technológiában (meglévő pályaszerkezet újraépítése) váltak különösen fontossá. Jellemző a helyi anyagok és a talajstabilizációk (meszes, cementes, bitumenes) alkalmazásának elterjedése is. A nagy forgalmú pályák aszfalt burkolatot kapnak és az építési anyagmozgatásban a gépkocsis szállítás kizárólagossá válik.

A társadalmi igények felerősödése miatt az építési munkák közben a környezet- és természetvédelmi, valamint közjóléti szempontok új eljárások bevezetését igénylik. A karbantartásban a kézi munkaerőt felváltják a gépek. Tért hódít a tudományos alapon kifejlesztett új anyagok és eljárások alkalmazása. A pályaszerkezettel ellátott erdészeti feltáróutak kivitelezési költségének elemzésekor egyértelműen kimutatható, hogy a pályaszerkezet megépítése a legköltségigényesebb. Ebből adódóan az erdőfeltárás széles témakörén belül a pályaszerkezet tervezése és építési technológiái mindig is a kutatások középpontjában állnak.



A korszak kezdetére jellemző gépi útépítés (bal) és faanyagszállítás (jobb) eszközei

Az erdőgazdasági utak létesítésénél mindig is fontos szempont volt a költségek csökkentése, ezért azok megvalósításakor állandóan cél a gazdaságos műszaki megoldások alkalmazása. Az erdészeti útépítések virágkorát az 1960–1970-es évekre tehetjük. Ebben az időszakban azoknál az erdőgazdaságoknál, amelyek kőben szegény vidéken gazdálkodtak, keresték a hiányzó vagy drága kőanyag kiváltásának lehetőségét. Kézenfekvő elképzelés volt az, hogy a helyi talajokat kíséreljék meg bevonni a pályaszerkezet építésébe. Erre az időszakra esnek más útügyi ágazatok hasonló törekvései is. Az erdészeti útépítéseknél környezetvédelmi és közgazdasági szempontból is különösen fontos a helyi talajok felhasználása. Ennek a folyamatnak az eredménye, hogy az erdészeti útépítések körében a kővel nem rendelkező erdőgazdaságoknál megindult a *talajstabilizációk* építése. Ebben élenjártak a somogyi, a zala- és a szombathelyi erdőgazdaságok. A stabilizációk között fontos szerep jutott a mészstabilizációnak, amely a költségek csökkentése mellett lehetővé tette a kötött talajok útépítési anyagként való felhasználását is, különösen erősen csapadékos területeken.

Magyarországon az első mészstabilizációs alapra épített útszakasz 1959-ben készült el kísérleti jelleggel. Ebben az időszakban, hazánkban még nem rendelkezünk stabilizációs

géplánccal, amellyel egy menetben lehetett volna megépíteni egy-egy útszakaszt. Az elterjedt technológia a talajlazító vezérgépre alapozott szakaszos építési folyamat volt. A korra jellemző építési technológiával átlagosan 10 cm vastagságban épültek a kísérleti útszakaszok, a stabilizált rétegre 12 cm zúzottkő pályaszerkezetet helyeztek, melyet bitumenes zárással láttak el (Szilágyi 2014). A kísérleti szakaszok sikeresnek bizonyultak, és értékes információkkal szolgáltak az építési technológiára vonatkozóan. E tudás birtokában az említett három erdőgazdaság 1960 és 1980 között mintegy 60 km mésztabilizált utat épített. Az utak közös jellemzője, hogy a stabilizált helyi talajra jellemzően aszfaltmakadám pályaszerkezet került, amit felületi bevonással zártak le (Kosztka et al. 2006).

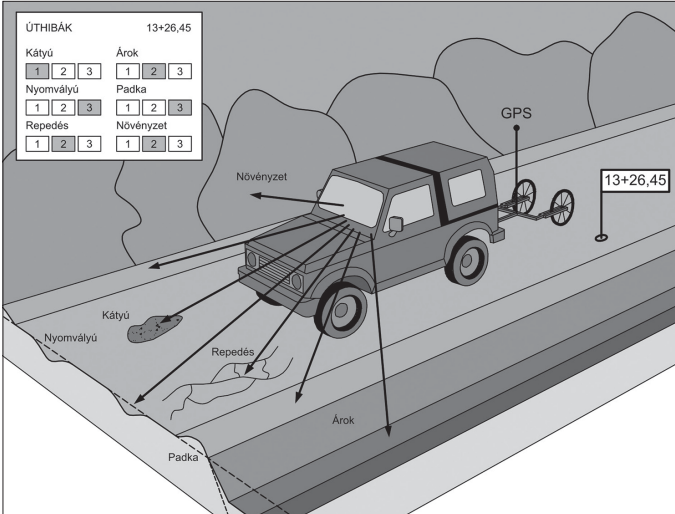
Az erdészeti útépités „aranykora” az erdőfeltárás kezdetétől a rendszerváltásig terjedő időszakot öleli át. Az ezt követő átmenti időszakban – ami 1990–1994 közé tehető – a megerősödő természetvédelmi mozgalmak nagy támadást intéztek az erdészeti útépitések ellen. Ennek következtében néhány év alatt leépült az a szellemi, technológiai és műszaki bázis, amit az aranykorban elődeink felépítettek. Szerencsére nem végleg, mivel 2004-ben újra intenzív kutatás indult a meszes stabilizációval kapcsolatosan Kosztka Miklós vezetésével az Erdőfeltárási és Vizgzdálkodási Tanszéken.



Modern vontatott talajmaró (bal) és kötőanyag adagoló (jobb)

A meszes talajstabilizáció a korszerű talajmarók és kötőanyag adagolók megjelenésével ismét elérhetővé vált az erdőgazdaságok számára. 2006-ban megépült – több előzetes laboratóriumi kutatás után – a Bánokszentgyörgyi kísérleti út a Zalaerdő Zrt. területén. A kísérleti út célja a meszes talajstabilizáció pályaszerkezetben betöltött szerepének és a rá épített pályaszerkezetek forgalom állóságának vizsgálata volt (Kosztka et al. 2006; Péterfalvi et al. 2015). A kísérleti útszakasz tapasztalatai alapján az Erdőfeltárási Tanszék később megtervezte a Nyírerdő Zrt. 2,5 km hosszú Lónyai II. o. erdészeti útját, amelynek legelső alaprétege a helyszíni kötött agyagtalaj meszes stabilizációjával készült. A kutatások alapján megállapítható volt, hogy a mésztabilizáció hatására egyértelműen megnőtt az altalaj teherbírása, ezért a teherbírás növelő hatása vitathatatlan ennek a technológiának. A talaj-mész reakció

közben a talajszemcsék összecementálódnak és a teherbírás az idő előre haladtával növekszik. A mészstabilizáció alkalmazásával nagy mennyiségű zúzottkő takarítható meg, ami nagymértékben csökkenti az építés helyszínére szállítandó anyagmennyiséget, így csökkentve a szállítási és az építési költségeket. A helyi talaj felhasználása környezetvédelmi szempontból is előnyösebb, mint a hagyományos zúzottkő pályaszerkezet.



Erdészeti utak szubjektív állapotfelmérésére kifejlesztett rendszer

Érdészeti utak szubjektív állapotfelmérésére kifejlesztett rendszer mértékadóan tekinthető tehergépjármű-állomány nagy tengelyterhelésű járművekre cserélődött le. Ezen okok következtében az erdészeti feltáráshálózatok tekintetében a hangsúly a feltáráshálózatok bővítéséről áthelyeződött a meglévő utak felújítására. Az Erdőfeltárási Tanszéken folyó kutatások az erdőgazdaságok által megrendelt kutatás-fejlesztési megbízásokkal párhuzamosan követte ezt a trendet.

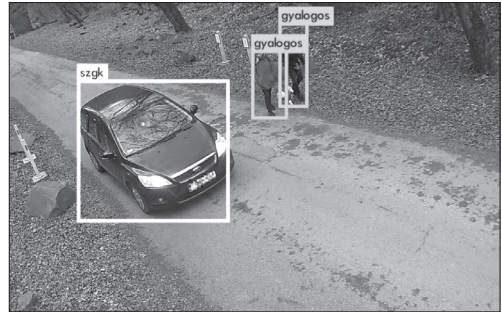
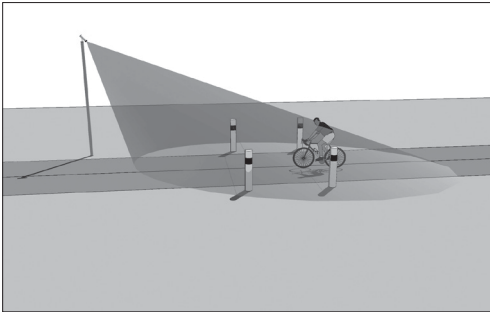
Az erdészeti útfenntartás rendszer alapelveit először Kosztka Miklós (1986) munkája foglalta össze. Később az elméleti alapokat Péterfalvi József és Markó Gergely kiegészítette számos gyakorlati és informatikai megoldással. Markó (2006) bevezeti az Erdészeti Ütügyi Információs Rendszer (EIUR) fogalmát, ami már teljesen geoinformatikai megközelítésű. Definíció szerint „Az erdészeti útügyi információs rendszer egy olyan speciális geoinformációs rendszer, amely a feltáráshálózatot ábrázoló térképi és a feltáráshálózathoz kapcsolódó leíró adatok, valamint azok kezelésére kifejlesztett algoritmusok segítségével döntéstámogató funkciókat nyújt a feltáráshálózat fenntartásához és fejlesztéséhez, hatékonyabbá teszi a szállításszervezési munkákat, továbbá hozzájárul a magasabb szintű vevőkiszolgáláshoz”. A szilárd elméleti alapok kidolgozása után a gyakorlati megvalósítás és tesztelés következett. Az Erdőfeltárási Tanszéken 2010–2012 között kifejlesztettek egy olyan digitális szubjektív állapotfelmérési és állapotértékelési rendszert, amivel naponta 20–25 km erdészeti út állapotának rögzítése és kiértékelése volt elvégezhető (Kisfaludi et al. 2012).

Az erdőgazdaságok feltárási útjainak jelentős része (közel 1000 km) aszfalt burkolatú út. Ezen utak a feltáráshálózatok gerincét képező, magas szolgáltatási színvonalú létesítmények, melyek fenntartásáról folyamatosan gondoskodni kell. A rendszerváltást követően azonban az erdőgazdálkodók nem tudtak megfelelő erőforrásokat fordítani a feltáráshálózatok fenntartására, ezért azok állapota leromlott. A folyamatot gyorsította, hogy az erdészeti szállí-

A szubjektív úthibák felvételén túl a szükséges útgazdálkodási munkák megtervezéséhez ismernünk kell útjaink teherbírását, amit indirekt módon a helyszíni mérések feldolgozását követően határozhatunk meg.

Erdészeti utak teherbírásának jellemzésére a statikus vagy kvázi statikus keréksúly hatására bekövetkező alakváltozást rögzítjük Benkelman-tartóval, vagy Lacroix-mérőkocsival.

A statikus behajlás nem reprezentálja hűen a forgalom dinamikus fűrésztő hatását, ezért a világon egyre nagyobb számban alkalmazzák a dinamikus igénybevételt megfelelően szimuláló nehézejtősúlyos berendezéseket. A dinamikus mérési módszerrel 2009-től kezdődően foglalkozott az Erdőfeltárási Tanszék. Mivel az egyes teherbírás mérési eljárások eltérő adatokat szolgáltatnak az útkezelők számára, összehasonlító vizsgálatokra volt szükség a klasszikus Benkelman-tartóval és az újfejlesztésű nehézejtősúlyos berendezéssel. A mérési eredmények feldolgozása azt mutatta, hogy a vékony pályaszerkezettel rendelkező erdészeti utak esetében szükségtelen a dinamikus behajlásmérések átszámítása statikus értékre, és így közvetlenül felhasználhatóak tervezési feladatok megoldására (Kosztka et al. 2008; Primusz 2010).



A kísérleti forgalomszámláló eszköz látványterve (bal) és a képfelismerés eredménye (jobb)

Ha az erdőgazdaság digitális útnyilvántartással rendelkezik, akkor az erdészeti utak szubjektív és objektív állapotadata a geoinformatikai rendszerben megjeleníthető. Ennek felhasználásával és a várható forgalom ismeretében a szükséges útfenntartási beavatkozások és azok becsült költsége már jól megtervezhető. A létrehozott útfenntartási rendszer több mint 1000 km erdészeti úton sikeresen teljesített, és annak bevezetése javasolt az erdőgazdaságok számára.

A társadalom ma már megköveteli a többcélú erdőgazdálkodástól, hogy az erdő védő és védelmi szerepe mellett tegye elérhetővé annak közjait is. A közjavak jellemzői, hogy azok használatából senki sem zárható ki és megszerzésük nem kötődik versenyhez. Ma már az erdészeti utak ezért nemcsak a faanyag szállítást, hanem általánosságban az erdő megközelítését is szolgálják. A különböző úthasználóknak különböző, sokszor egymással ellentétes igénye van az úthálózattal szemben. A hálózat kezelőjének elemi érdeke ezért, hogy az utakon áthaladó forgalomról, és az úthasználók igényeiről minél több információval rendelkezzen. Az információk birtokában ugyanis megalapozott forgalom-kezelést folytathat annak érdekében, hogy az erdészeti úthálózat a lehető legtöbb funkcióját ellássa. A forgalom

nagysága és jellege – legyen szó akár erdészeti magánútról vagy kerékpárútról – az elsődleges szempontok között szerepel minden tervezési útmutatóban, valamint ezekre az adatokra támaszkodva határozzák meg az országos közútfejlesztési irányokat is. Ahhoz tehát, hogy a társadalom megváltozott igényének megfelelő úthálózattal tudjuk az erdő közjavit irányítottan elérhetővé tenni, mindenképpen szükséges a hiányzó közjóléti forgalom folyamatos megfigyelése és jellegzetes mintázatainak felismerése.

A lértaknak megfelelően 2010-ben az Erdőfeltárási Tanszéken megindult egy olyan digitális forgalomszámláló berendezésnek a kidolgozása, amellyel automatikusan meghatározható az úthasználók osztálya, darabszáma és haladási iránya a mérési szelvényen történő áthaladáskor (Kisfaludi 2017; Kisfaludi et al. 2018). A forgalomszámláló berendezés az úthasználókról digitális fényképet készített és gépi tanulás segítségével értékelte ki azokat, majd osztályozta a látogatókat. A kereskedelmi forgalomban elérhető megoldásokkal ellentétben a kifejlesztett mérőeszköz erdei körülmények között is pontos és részletes forgalmi adatokat szolgáltatott. A kutatás fontos és újszerű volt, mert Magyarországon még nem végeztek ilyen jellegű vizsgálatokat erdészeti feltáró utakon, és a kutatási eredmények kiválóan támogatták az állami erdőgazdaságok közjóléti tevékenységeit.

Jövő: a többcélú, örökerdő fenntartását és a klímaváltozás mérséklését célzó erdőgazdálkodás

A korszakra várhatóan jellemző lesz, hogy a Föld klímáját befolyásoló kedvezőtlen hatások mérséklése válik elsődleges feladattá. Az állandó erdőborítottság követelmény, ennek megfelelően alakul az erdőfeltárás rendszere és működtetése. Az örökerdő-gazdálkodás az erdőművelési beavatkozások gyakorisága miatt sűrűbb úthálózatot igényel (Péterfalvi et al. 2011). A közelítő nyom a feltárási rendszer részévé válik. Új feltáróút hálózati séma alakul ki sűrű úthálózattal. Az üzemi forgalom is nő, az utak minőségének javulása kis fogyasztású takarékos járművek közlekedését teszi majd lehetővé. Az utak turisztikai szerepe fokozódik, elsősorban a kerékpáros turizmusnak köszönhetően. Speciális feladat lesz az erdőterület zavartalanságának biztosítása a sűrű úthálózat mellett. Ennek a feladatnak az ellátásához műszakilag jól képzett erdőmérnökökre van szükség, az erdőgazdálkodásban és ökológiában nem jártas műszakiak alkalmazása nem megoldás, károkat okoz.

A tervezést erre a célra kifejlesztett számítógépes programok segítik a feltáróhálózat terveinek elkészítésében. A felmérés eszközei tovább fejlődnek, a manuális mérést automata és távérzékelési műszerek (szkennerek, radar) fogják részben helyettesíteni (Katona et al. 2020). Annak ellenére, hogy a tervezéshez alkalmazott eszközök tovább fejlődnek, az erdőfeltárással szembeni ökológiai igények továbbra is megkövetelik a részletes és gondos terepi munkát. A számítógépes tervező programok tovább fejlődnek, bizonyos esetekben a mesterséges intelligencia is szerephez jut.

A pályaszerkezetek méretezése és az alkalmazott építőanyagok kutatása nemcsak a gazdasági szempontok alapján fog történni, mélyebb elemzések és kutatások állapítják meg a környezetre, az erdő élővilágára legkevésbé káros megoldásokat. Az építés és üzemeltetés tekintetében

a gépi földmunkában és pályaépítésben megjelennek a műholdas helyzetmeghatározás elemei. A kivitelezés és gépek vezérlése a tervezéssel integrált rendszerben történik. Új anyagok és eljárások térhódítása várható, lehetőleg tájidegen anyagok mellőzésével. A tájsebek mérséklése érdekében a terepalakulatokhoz legjobban illeszkedő építmények készülnek. A pályák karbantartásában és felújításában is megjelennek a számítógéppel vezérlés elemei.

Irodalom

- Cornides Gy. 1963: Az erdőfeltárás tervezésének helyzete és továbbfejlesztésének kérdései. *Az Erdő* 12(12): 533–37.
- Cornides Gy. 1967: Az erdőfeltárási alaptervek revíziója. *Az Erdő* 16(3): 97–101.
- Cornides Gy. 1975: Az erdészeti faanyagmozgatás szervezése és tervezése. *Anyagmozgatás, csomagolás* 20(7): 196–98.
- Haják G. és Bogár I. 1968: A mező- és erdőgazdasági úthálózatfejlesztés közös kérdései. *Az Erdő* 17(8): 349–52.
- Herpay I. 1955: Erdei utak talajfeltárásának gazdaságosságáról. *Az Erdő* 4(8): 340–343.
- Herpay I. 1959: Könnyű burkolatú erdei utak tervezése. *Az Erdő* 8(9): 321–330.
- Herpay I. 1961: Erdei utak pályaszerkezetének kiválasztása. *Az Erdő* 10(1): 1–10.
- Herpay I. 1973: Kitermelő-anyagmozgató géprendszerek komplex értékelése. *Az Erdő* 22(2): 60–67.
- Herpay I., Kosztka M., Marosvölgyi B. és Szalay P. 1975: Jelentés az NDK-MNK együttműködés keretében épült Makk-pusztai kísérleti úton 1975. évben végzett munkákról. *EFE Erdészeti Szállítástani Tanszék, Sopron.*
- Huszár E. 1969: Az erdőgazdasági szállításszervezés néhány kérdése. *Az Erdő* 18(12): 557–562.
- Katona C., Bazsó T., Péterfalvi J. és Primusz P. 2020: BLK360 lézerszkennő alkalmazása vonalas létesítmények felmérésére: jelek és távolságok. In: *Facskó F. és Király G. (szerk.): Kari Tudományos Konferencia. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, 177–186. o.*
- Királyi O. 1943: Útépítéssel kapcsolatos talajvizsgálatok. *Erdészeti Lapok* 82(7): 316.
- Kisfaludi B. 2017: Nagy látogatottságú erdészeti feltáróutak közjóléti forgalmának mérése és elemzése. *Doktori értekezés, Soproni Egyetem, Sopron.*
- Kisfaludi B., Péterfalvi J., Primusz P. és Kálmán M. 2018: Automatikus közjóléti forgalomszámlálás a Pilisi Parkerdő Zrt. területén. *Erdészeti Lapok* 153(3): 82–85.
- Kisfaludi B., Primusz P., Péterfalvi J. és Markó G. 2012: Erdészeti utak szubjektív állapotfelvétele és értékelése. *Erdészettudományi Közlemények* 2(1): 89–105.
- Kosztka M. 1986: Erdészeti utak fenntartási rendszere. *Kandidátusi értekezés, Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron.*
- Kosztka M. 2000: Erdőfeltárás a természetközeli, többcélú, többtulajdonosú erdőgazdálkodás feltételei között. *Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Tanszék, Sopron.*
- Kosztka M., Markó G. és Péterfalvi J. 2004: Erdőfeltárás tervezése a Börzsönyben dinamikus hálózattervezéssel. *Erdészeti Lapok* 139(10): 298–301.
- Kosztka M., Markó G., Péterfalvi J. és Primusz P. 2006: Applicability of Lime-Stabilization in Forest Road Construction. In: *Kosztka M. (szerk.): Proceedings of the International Science Conference, University of West Hungary, Sopron, 124–135. o.*
- Kosztka M., Markó G., Péterfalvi J., Primusz P. és Tóth C. 2008: Erdészeti utak teherbírásának mérése. In: *Tóth L. & Magó L. (szerk.): A Magyar Tudományos Akadémia, Agrártudományok Osztálya, Agrárműszaki Bizottság, XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás előadásainak és konzultációs témáinak összefoglalói, SZIE, Gödöllő, 3: 75–79.*

- Król O. 1936: A talajútjavítás problémája. Befejezés. Erdészeti Lapok 75(6): 495.
- Markó G. 2006: Informatika az erdészeti feltáráshálózatok tervezésében és nyilvántartásában. PhD-értekezés, Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási tudományok Doktori Iskola, Erdészeti Tudomány Program, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron.
- Modrovich F. 1939: Az erdei vasút az erdőfeltárás szolgálatában. Erdészeti Lapok 78(7): 727.
- Pankotai G. 1985: Tehergépkocsi az erdészeti szállításban. Az Erdő 34(2): 45–49.
- Péterfalvi J. 1997: Javaslat az erdészeti feltáráshálózatok egységes tervezési és nyilvántartási rendszerének kialakítására. Erdészeti Lapok 132(6): 176–77.
- Péterfalvi J., Markó G., Primusz P. és Kisfaludi B. 2011: Feltáráshálózat tervezése szálaló erdőkben. In: Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kari Tudományos Konferencia Kiadvány, NymE Kiadó, Sopron, 60–65. o.
- Péterfalvi J., Primusz P., Markó G., Kisfaludi B. és Kosztka M. 2015: Evaluation of the Effect of Lime-Stabilized Subgrade on the Performance of an Experimental Road Pavement. Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering 36(2): 269–282.
- Primusz P. 2010: Roncsolásmentes teherbírás mérő eszközök az útfenntartásban. PhD-értekezés, Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.
- Rikly I. 1937a: A mozgósítandó földtömegek meghatározásának egy új grafikus módja, erdei utak és vasutak építésénél. Erdészeti Lapok 76(9): 693.
- Rikly I. 1937b: A mozgósítandó földtömegek meghatározásának egy új grafikus módja, erdei utak és vasutak építésénél (befejező közlemény). Erdészeti Lapok 76(10): 761.
- Szécsei Zs. 1883: Szabadalmazott sodronykötél-ergettyű. Erdészeti Lapok 22(1): 1–10.
- Szilágyi J. 2014: Erdőfeltárás Somogy megyében. SEFAG Zrt., Kaposvár.

Forest Opening Up

In order to do any activity in the forest, access must be provided to it. In other words, the forest must be opened up. Activities to open up a forest can be classified into two groups:

- Development of the forest opening up systems: ideal density and type of transport network
- Design, construction and maintenance of forest opening up facilities: roads, railways and other transportation routes with their operational facilities (e.g.: loading areas, passing places, parking areas, etc.).

Forest opening up research is a significant part of the forest engineering field of science. Its direction is determined by the characteristics of forest management, the available technology and construction materials as well as the demands of society.

Past: (19th century to mid-20th century): Forest use was characterised by large scale of clear cuts. Animal powered, railway and waterway transport were common. Forest opening up network planning concentrated on timber and stone material transport.

Present: (from the mid-20th century): Multi-role and sustainable forest use. Wide-spread application of IT and digital survey tools in forest opening up network and forest roads planning.

Future: Multi-role, continuous cover oriented forest use. A special task will be to ensure undisturbedness of forest areas while maintaining a dense road network. AI enhanced computer aided design will evolve. Importance of social services of forest roads will increase.

ERDÉSZETI HIDROLÓGIA

Kucsara Mihály, Kalicz Péter és Gribovszki Zoltán

Bevezetés

Az erdő és a vízviszonyok között sajátos kölcsönhatás érvényesül. Ez abban nyilvánul meg egyfelől, hogy az erdők létét és létezésének formáját, minőségét a hidrológiai adottságok alapvetően befolyásolják. Másfelől viszont egy terület, egy térség vízháztartási sajátoságaiban az erdők hatása játszik jelentős szerepet. E kölcsönhatás dombvidéken és síkvidéken más-más vonatkozásban érvényesül. Az erdő és a víz sokrétű kapcsolatai révén kérdések vetődnek fel, amelyekre a célirányos kutatások és a gyakorlati tapasztalatok, amelyek ilyen értelemben ugyancsak kutatási eredményeknek minősülnek, adhatják meg a válaszokat.

A témakör rendkívül kiterjedt, sokoldalú, s különféle részleteiben és összefüggéseiben vizsgálható. Az általános értelemben vett vízügyi és erdészeti nézőpontok mellett geográfiai, környezet- és természetvédelmi, hidrometeorológiai, talajtani, talajvédelmi, növényélettani és más vonatkozásokban is tanulmányozható. Ezért, és a terjedelmi korlátok miatt sem törekedhetünk a „teljességre”. Csupán a látókörünkbe került és általunk fontosabbnak tartott kutatások bemutatására van mód, s csupán a cél, a tevékenység, a módszer és a főbb eredmények leírásával, a részletek (számszerű adatok, matematikai formulák, grafikonok) ismertetése nélkül. Minden bizonnyal kimaradnak olyan kutatások, publikációk, amelyek egy mások által szerkesztett, vagy nagyobb terjedelmű anyagban benne lennének. Bízunk azonban abban, hogy jelen tanulmány alkalmas arra, hogy a lehetőségekhez képest viszonylag széles áttekintését adja a témakörnek, s az egyes részterületek iránt érdeklődők az irodalmi hivatkozások nyomán olyan kutatásokhoz is eljuthassanak, amelyek említésére ebben a munkában nem került sor.

Az erdő-víz kérdéskör iránti érdeklődés régtől való meglétét a különféle szaklapok régi számainak írásai is dokumentálják. Talán nem véletlen, hogy az Erdészeti Lapok (1864-től Erdészeti Lapok) 1862-ben megjelent első számának első cikke (Méri 1862) az erdők jelentőségével foglalkozik a természet háztartásában, amelynek (s egyébként a cikknek is) egy igen jelentős részét a vízháztartás képezi. Az Erdészeti Lapok több mint másfél évszázados története során számos alkalommal foglalkozott az erdő és a víz kapcsolatával. E kapcsolat iránti érdeklődés a nyomtatott publikációk mellett a szakmai szervezetek rendezvényein is megmutatkozott (Pálfi 2002). Hosszú időszak alatt azonban a témakör iránti figyelem, ahogy az más dolgokkal is történni szokott, gyakran évekre-évtizedekre háttérbe szorult, de időről időre felerősödik, például az 1800-as évek végén az árvizek, manapság pedig a klímaváltozás kapcsán is.

Az erdőterület vízháztartási elemeit, folyamatait és összefüggéseit komplex módon lenne célszerű vizsgálni, de erre Magyarországon tulajdonképpen még nem volt lehetőség, bár az Erdészeti Tudományos Intézet és az Erdőmérnöki Kar részéről is voltak és

vannak erre irányuló törekvések. Mivel az erdő és a vízviszonyok kapcsolatában a kutatók túlnyomórészt egy-egy részterülettel foglalkoznak, ezért e kutatások történetét és eredményeit is ennek megfelelően tagoljuk.

Erdő és csapadék

A csapadék a vízháztartási rendszer alapvető és legfontosabb bevételi eleme, amelyhez domb- és hegyvidéken a szivárgó vizek, síkvidéken a talajvizek, ártéren pedig az időnkénti elöntések társulhatnak. Ezért a csapadékviszonyok megismerésének szükségességét erdész elődeink már régen felismerték. A tervszerű erdőgazdálkodás előtérbe kerülésével egy időben, először az erdészeti kísérleti állomásokon (Günther 1903), majd számos erdész- és vadászház mellé telepített mérőhelyek hálózata alakult ki.

Ahogy az országos meteorológiai, úgy az erdészeti mérési helyek száma is, a kezdeti növekedési időszakot követően, a különféle átszervezések ellenére, vagy esetleg éppen azért, csökkenő tendenciát mutatott. De tény, hogy a múlt század közepén még volt erdészeti csapadékmérő hálózat (Papp 1953). Az adatok erdészeti feldolgozását a havi és éves csapadékösszegek, illetve az ezekből képzett többéves átlagértékek számszerű megjelenítése jelentette, a térbeliséget pedig a megyék szerinti tagolás, amely természetesen nem alkalmas az erdészeti tájegységek szerinti jellegzetességek és különbözőségek érzékeltetésére. A csapadékadatok erdészeti felhasználásának másik jellemzője, hogy a csapadékviszonyok hatásának figyelembevétele utólagos jellegű, azaz a már megtörtént erdészeti tevékenységek (pl. erdősítés, megeredés) jó vagy kevésbé jó sikerességének indokolására szolgál (Papp 1954). Bár az ilyen „múltbeli” tapasztalatok is felhasználhatók a jövő tervezésekor, de a csapadékoság, mint termőhelyi elem, részletesebb ismerete is szükséges lenne.

Az erdészeti csapadékmérő hálózat sokéves adatai alapján nem került sor, mert talán nem is volt rá lehetőség, a csapadékoság részletesebb elemzésére, a csapadékesemények vagy a napi csapadékösszegek nagyság szerinti eloszlásának, a tényleges vízutánpótlást jelentő közepes és nagyobb csapadékesemények bekövetkezési gyakorisága és előfordulási valószínűsége értékelésére. Az 1970-es években kifejezetten vízügyi felhasználási céllal készültek ugyan ilyen jellegű feldolgozások (VMS 201/1-77 és VMS 201/2-78), de azok nem helyettesíthetik a hasonló, de erdészeti tájegységekre vonatkozó elemzéseket. Arról nem is szólva, hogy ezek a vízügyi segédletek is immár több, mint negyven évesek.

Az erdő és a csapadék különleges esetével foglalkozott Führer (1987), amikor különböző fafajú és korú faállományoknak a hó felhalmozódására és olvadására gyakorolt hatását vizsgálta több éven keresztül egy a Soproni-hegységben létrehozott fafaj-összehasonlító kísérletben. Megállapította, hogy az idősebb állományok maximális hóvízegenértéke nagyobb, mint a fiataloké, továbbá az erdők átlagos hóolvadási rátája fátlan területhez képest alacsonyabb, így az erdő egyrészt csökkenti a vízhozam-ingadozásokat, másrészt viszont adott körülmények között hozzájárul a talajvízkészlet növeléséhez.

Az ERTI és a NÉBIH Erdészeti Igazgatósága által 2012-ben kidolgozott éghajlat-változási monitoring koncepció megalapozása céljából Manninger Miklós készített elemzést, az OMSZ és a vízügyi ágazat hosszútávú (évszázados) adatai alapján, az egyes erdőgazdálkodási térségekre vonatkozóan, a csapadékviszonyok tér- és időbeli változatosságáról. A vizsgálat azonban nem a napi, hanem a havi csapadékösszegek alapján történt, elsősorban az adatokhoz való hozzáférés lehetősége miatt (Manninger 2017). Kétségtelen, hogy a havi adatokból készített elemzések is értékesek és bizonyos mértékben szemléltetik a csapadékoság változatosságát, de az is kétségtelen, hogy a napi csapadékösszegek eloszlása sokkal inkább jellemezhetné azokat a valós körülményeket, amelyek a vegetáció „mindennapi” létét ténylegesen befolyásolják.

Egy-egy kisebb-nagyobb erdőgazdálkodási térség csapadékviszonyainak részletesebb ismerete szükségességével minden bizonnyal sok szakember tisztában van, de csak kevesen voltak, akik ezért tettek is. Ilyen volt Martos András, az Erdőmérnöki Kar oktatója, aki minden nehézséggel dacolva, huszonkét mérőhelyből álló csapadékmérő hálózatot létesített és működtetett az 1958–62-es időszakban Sopron térségében, amellyel a csapadékviszonyok kisebb térségekben is megmutatózó eltéréseit igazolta (Martos 1965), s amellyel ismételtén rámutatott az erdészeti csapadékmérő hálózat fenntartásának, sőt fejlesztésének szükségességére, s az adatok erdészeti szempontú feldolgozásának fontosságára.

Mint ismeretes, mindezek ellenére az erdészeti csapadékmérő hálózat megszűnt. Természetesen számos példa volt arra, hogy erdészek és vadászok, a hálózat megszűnését követően is lelkiismeretesen mérték és feljegyezték a napi csapadékösszegeket. Elismerést érdemelnek ezért.

Azóta és napjainkban is csupán a különféle erdészeti kutatásokhoz kötődve voltak és vannak, többnyire időszakos csapadékmérések. Ezek esetleges összerendezése sem lenne nevezhető a hazai erdőterületeket lefedő és jól jellemző csapadékmérő hálózatnak.

Mindemellett ígéretesnek tekinthető az ERTI ama törekvése, amely egy olyan kifejezetten erdészeti meteorológiai mérőhálózat létesítését tervezi, amely elsősorban a magas erdőszűlességgel rendelkező területeken mér és gyűjt adatokat, csapadék-adatokat is. 2019-től működik az első tizenhét korszerű, elektronikus adatgyűjtővel rendelkező mérőállomás, s az ERTI célja a további fejlesztés révén, az országos lefedettség elérése (Bolla és Szabó 2019).

Evapotranszpiráció

Intercepció

Az erdő és a csapadék kapcsolatáról, az erdő csapadékot megosztó hatásáról, s ennek vízháztartást befolyásoló szerepéről az első átfogó magyar nyelvű publikációt Bencze Gergely jelentette meg, a múlt század első évében az Erdészeti Kísérletekben (Bencze 1901).

Bencze közöl először hazai intercepciós adatokat, bár a vizsgálatokat ő maga „előzetes kísérletek”-nek tekinti, s az említett cikkben tulajdonképpen egy nagyszabású kutatási

program tervezetét vázolja fel. Az erdő vízháztartásával kapcsolatban nemcsak a benedvesedés folyamata, hanem az állomány alatti párolgás és a csapadék beszivárgása is foglalkoztatta (Bencze 1902). Bencze „a vízkörforgalom teljességét igyekezett megismerni, ehhez kísérleti vizsgálatokat is indított és ezzel alkotott előremutatót” (Szodfridt 1995).

A Vízügyi Tudományos Kutató Intézet (VITUKI) keretében a Kecskemét melletti Komlói Imre kísérleti telepen beszivárgási vizsgálatokhoz kötődően Molnár György végzett intercepcióval kapcsolatos megfigyeléseket az 1971–75-ös időszakban (Major 1976). Ez a kutatás több metodikai ellentmondással terhelt, annak ellenére, hogy nagy jelentőséget tulajdonítottak az intercepciónak.

Az 1970-es évek elején a Debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetemen indítottak Jakucs Pál vezetésével komplex ökoszisztéma kutatást egy klímazonális cseres-tölgyesben, amely „Síkfőkút Projekt” (Jakucs 1973) néven vált ismertté. Ezen belül 1974-től kezdődően intercepciós megfigyeléseket is végeztek (Szabó 1975a,b). A kísérlet lényeges jellemzője, hogy a csapadékgyűjtő edényeket hetente, esetenként kéthetente ürítették, valamint, hogy a törzsgallérokat az átlagos átmérőjű egyedeken helyezték el. A koronaátbocsátás és a törzsi lefolyás adataira külön-külön lineáris regressziót számítottak, de nem a csapadékesemények, a napi csapadékösszegek, hanem a heti csapadékösszegek nagysága függvényében.

1975-ben az Erdészeti és Faipari Egyetem (EFE) Erdőműveléstan Tanszéke Majer Antal irányításával kezdett komplex ökoszisztéma vizsgálatot a Farkasgyepű melletti gyertyános-bükkösben (Majer 1976). A kutatáshoz kapcsolódó intercepciós megfigyelések 1976–77. évi adatait Koloszár József (1981) dolgozta fel. Koloszár a síkfőkúti megfigyelésekhez hasonlóan a csapadék heti összegével hozta kapcsolatba az intercepció mértékét, de nem az intercepció mennyiségét, hanem a százalékos értékét.

A hazai intercepció-kutatás szélesebb körű elindítása és megalapozása az Erdészeti Tudományos Intézethez, személy szerint Járó Zoltánhoz kötődik, aki a 60-as évek végétől kezdődően előkészítő, 1973-tól pedig folyamatos vizsgálatokat végzett e témakörben (Járó 1980, 1989). Az ERTI először a Gödöllői Arborétum „kultúrerdei ökoszisztémáiban”, majd a Soproni-hegység (Führer 1981, 1992) és a Mátra térségében (Sitkey 1996) végzett megfigyeléseket. E kutatás folyamán gyűjtött intercepciós adatokat Járó időszakhoz kötődő mennyiségek, illetve arányok formájában publikálta, Führer (1984, 1994) viszont már matematikai formában, sőt telítődési függvényekkel is megjelenítette és összegezte mérési eredményeit.

Az EFE Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Tanszéke keretében Rácz József kezdeményezésére a 80-as évek közepén kezdődött a hosszú távra tervezett, Sopron melletti „hidrogén-völgyi erdészeti hidrológiai kutatóhely” kialakítása, s annak első szakaszában három intercepciós mérőkert berendezése.

A kísérleti területek kiválasztása (fiatal bükkös, fiatal és középkorú lucos) és az adatgyűjtő eszközök megválasztása során alapvető szempont volt az ERTI keretében a Soproni-hegységben már folyamatban lévő kutatásokhoz (középkorú és idős bükkös, idős lucos) való igazodás, a vizsgálatok jobb összevethetősége érdekében. Az adatgyűjtési metodika vonatkozásában azonban lényeges különbség, hogy az ERTI által folytatott

heti gyakoriságú adatgyűjtés helyett, a Hidegvíz-völgyben a csapadékeseményekhez kötődő adatgyűjtést alkalmazták, abból a megfontolásból, hogy az intercepció jelentős mértékben függ a csapadékesemények nagyság szerinti eloszlásától. Az adatok feldolgozása során a csapadék-intercepció kapcsolat függvényesítése is ennek megfelelően történt. A kutatómunka során kimunkált, párolgási taggal is bíró, telítődési függvények így más időszakokra (esetleg vízháztartási modellekben) is alkalmazhatók, azzal a kitételrel, hogy a csapadékesemények nagyság szerinti eloszlása helyett a széles körben jól hozzáférhető meteorológiai adatot, a napi csapadékösszegek nagyság szerinti eloszlását is lehet alkalmazni. Igazolható ugyanis, hogy a csapadékesemények és a napi csapadékösszegek nagyság szerinti eloszlása hosszabb időszakra (pl. egy év) vonatkozóan jó egyezést mutat (Kucsara 1998).

A Soproni-hegységben, az egyetemi oktatók és hallgatók által fenntartott „hidegvíz-völgyi erdészeti hidrológiai kutatóhely” keretében az intercepcióval kapcsolatos adatgyűjtések 1986-tól folynak, s kisebb megszakításokkal tartanak jelenleg is.

Avarintercepció

Hazánkban kezdetben nem az avar intercepciójának mértékével, hanem az avartakaró kedvező szerepével kezdtek el tudományos szinten is foglalkozni.

Illés Nándor 1869-ben az erdei avar mezőgazdasági használata ellen érvelve írja, hogy nemcsak az avarral együtt elvitt tápanyag jelent gondot, hanem a fedetlen talaj hamarabbi kiszáradása is komoly problémát okoz. Habár e munka (Illés 1869) nem az avar víztartalmával foglalkozik, az avartakaró szerepére, annak fontosságára hívja fel a figyelmet.

Ijjász Ervin (1936b) az avartakaró szerepét vizsgálta az erdő vízháztartásában oly módon, hogy talajnedvesség-mérőkkel az avar által megkötött vízmennyiségeket dokumentálta. A kutatásban luc, bükk és erdeifenyő állományok vettek részt. Eredményeiben adatokat közöl a „nyersalomtakaró” három rétege (alom-, moder- és érett televényréteg) által megkötött vízmennyiségekről, s a különböző állományokban mért értékek egymáshoz viszonyított arányairól is. Megjegyzi továbbá, hogy az alomtakaró víztartalma ugyan a lehullott csapadék függvénye, mennyiségi változása nincs ezzel egyenes arányban, hanem szakaszos menetű.

Járó Zoltán (1959) az erdei alommal foglalkozó cikkében az avar vízgazdálkodást befolyásoló szerepe kapcsán említést tesz a bomlástermékek és a humuszgyarapodás hatásáról is. Varga Lajos (1962) munkájában az avar „vízháztartása” olyan szempontból kerül említésre, hogy az avar mikrofaunája csak akkor él aktív életet, amikor az alomréteget kapilláris vagy adhéziós víz nedvesíti át.

Járó (1963) különböző erdőállományok avarjának bomlását vizsgálja és megállapítja, hogy a minták bomlási sebessége szoros összefüggést mutat az avar víztartalmával.

Führer (1994) munkájában jelenik meg először számszerűsítve az avarintercepció. Ennek nagyságát kisméretű liziméterekkel határozta meg három állománytípusban nyári és téli félévre megosztva. Ebben a vizsgálatban nemcsak a lehullott ép és széttöredezett,

részben bomlásnak indult levelek képezték a vizsgálat tárgyát, hanem az 1–3 cm-es humuszosodott szervesanyag is.

Gácsi Zsolt vízforgalmi modellezés kapcsán foglalkozott az avar vízmegkötő szerepével. A vizsgált erdeifenyves avarrétegének víztartó-képességi görbéjét is elkészítette. Megállapította, hogy az avar nagy porozitásához viszonylag lassú kiürülés tartozik, ami jól mutatja az avar jelentős víztároló és vízvisszatartó képességét (Gácsi 2000).

Cseresnyés és Csontos (2007) szerzőpáros az erdőtüzek kapcsán foglalkozott az avar víztartalmával, száradásával, mennyiségével és összetételével feketefenyvesek esetén.

Zagyvainé Kiss Katalin Anita a hideg-vízvölgyi erdészeti hidrológiai kutatóhelyen, több éves terepi adatgyűjtésre alapozva állapította meg, hogy az erdei avar vízraktározási kapacitása közel arányosnak vehető a lehullott avar tömegével és kevésbé függ a fafajtól, s mintegy 2,1–2,2 liter/kg értékkel vehető figyelembe (Zagyvainé et al. 2013). Zagyvainé matematikai modellt dolgozott ki az avarintercepcióra, s azt egy Sopron környéki kocsánytalan tölgyes példáján tesztelte, ahol 5–7%-os avarintercepciós értéket határozott meg a modell segítségével (Zagyvainé et al. 2014).

Transzspiráció

A transzspiráció tulajdonképpen egy evaporációs folyamat, hasonló tényezők által szabályozva. De ebben az esetben a párolgás által hasznosított felület más (általában nagyobb) és a felületi ellenállás is lényeges szerepet játszik a folyamat során. Más vegetációtípusokhoz képest, az érdesség és a levélfelületi index, mint meghatározó paraméterek, a transzspirációban lényegesen jelentősebbek az erdő esetében. A hazai erdők transzspirációjával kapcsolatos konkrét mérési adat viszonylag kevés, s legtöbb esetben a talajnedvesség, talajvíz és lefolyásadatok elemzése kapcsán megjelent cikkekben találunk ilyen információkat.

A témával kapcsolatban egyik legtöbbet idézett publikáció Járó Zoltán (1981) cikke, amelyben a hazai erdőállományok évi vízfelhasználását a szervesanyag-produkcióval összefüggésben határozta meg. Megállapította, hogy a párás klímában tenyészők (bükkös) vízfelhasználása kisebb, mint a száraz termőhelyeken (kocsányostölgyes, hazainyáras) élőké. A klimatikus adottságokból adódóan a legnagyobb vízigényűek az alföldi, illetve az alföld peremi erdőállományok, melyek transzspirációs vízfelhasználása, tehát vízigénye is nagyobb. Ugyanakkor vannak olyan fafajok (pl. erdeifenyő, feketefenyő és akác), amelyek a száraz alföldi klímában nagyon alacsony vízfelhasználással jellemezhetők.

Csáki (2020) távérzékelési adatokból levezetett párolgástérképek fő erdőállománytípusokra leskálázott értéktartományait (mivel egy erdőállománytípus esetében is legalább több száz adatról volt szó) határozta meg és hasonlította össze Járó adataival. A számítások alapján megállapítható volt, hogy a Járó-féle párolgástérképek szinte az összes esetben beleestek a párolgástérképek alapján kapott tartományokba, tehát a különböző forrásból származó becslések jól összecsengenek.

A kisvízfolyások apadási görbéinek vegetációs időszaki meredeksége kapcsolatban van a vízfolyásmenti vegetáció vízfogyasztásával. Az előbbieket alapján Kalicz és munkatársai

2011-ben egy új módszert dolgoztak ki az erdei kisvízfolyások recessziós görbéinek szezonális változását felhasználva, a vízfolyásmenti vegetáció transzspirációjának számítására (Kalicz et al. 2011).

A talajnedvességben, a talajvízben és a kisvízgyűjtők lefolyásában a vegetációs időszakban jelentkező napi ingadozás az erdőterületeken különösen erőteljes lehet és fontos információk forrása. Például ennek az ingadozásnak a karakterisztikájából is lehet következtetni a terület párolgására. Gribovszki et al. (2010a) áttekintették és jellemezték e napi periódusú ingadozás típusait és a napi ingadozás alapján történő párolgást számító eljárásokat.

A Sopron melletti hidegvíz-völgyi erdészeti hidrológiai kutatóhelyen végzett terepi mérések, egy erdei patak mentén telepített talajvízmegfigyelő kútsorok adatsorai alapján, egy új módszer kidolgozására került sor, a talajvízszint napi ingadozása alapján, a sekély talajvízű területeken található növényállományok (elsősorban erdők) talajvízből származó transzspirációjának számítására (Gribovszki et al. 2008). Eme kutatási eredmények publikálása a vezető nemzetközi szaklapokban is lehetővé vált. A módszert számos vizsgálati ponton, eltérő körülmények között sikeresen alkalmazták elsősorban erdőállományok talajvízfelvételének becslésére (Móricz et al. 2012; Tóth et al. 2014; Csáfordi et al. 2017; Bolla és Németh 2017).

A kisvízfolyások alapvízhozamában jelentkező napi hullámzás alapján vízgyűjtőszintű párolgás számítására alkalmas eljárást dolgoztak ki (Gribovszki et al. 2010a). A módszer a korábbi napi vízhozamingadozáson alapuló eljárásoknál jelentősebb párolgást becsül a vízfolyásmenti zónára. Az új metódus által kapott eredmények, mind a meteorológiai módszerekkel számított párolgáshoz, mind a talajvízszint napi ingadozása alapján számított párolgáshoz nagyon közeliek.

A talajnedvességben jelentkező napi ingadozás alapján is lehetővé vált egy új módszer kidolgozása a párolgás számítására. A módszert terepi mérések alapján validálták, meteorológiai jellemzőkből számított párolgásadatok segítségével, egy sekély talajvízű területen (Gribovszki 2018).

Herceg és munkatársai (2018) a Thornthwaite-féle párolgásbecslési eljárást tovább fejlesztve, egydimenziós talajvízháztartási modellt fejlesztettek erdőállományok párolgásának meghatározására. A modell újdonsága, hogy a vegetációs és a nyugalmi időszakot eltérő paraméterkészlettel külön kezeli, valamint alkalmas a vegetáció gyökerezési mélységének becslésére a kalibrációs periódus adatai alapján. A módszert különböző felszínborítás típusok, így erdő esetében is sikeresen tesztelték a klímaváltozás hatásainak érzékeltetésére (Herceg et al. 2019).

Lefolyás

Felszíni lefolyás

Az erdők és a vízviszonyok kapcsolata témakörének részeként, az erdők lefolyást, azaz az áradásokat és az árvizeket befolyásoló hatásának, a szakmai érdeklődés mellett igen jelentős társadalmi-gazdasági vonatkozása is van. Ezért nemcsak a vízügyi és az erdészeti szakirodalom kezdeteitől, hanem az általános értelemben vett nyomtatott sajtó kezdetei óta sokan sokszor foglalkoztak e kapcsolattal. A szerzők sokaságából Bedő Albert emelendő ki, aki már az 1879. évi szegedi nagy árvíz kapcsán szólt az erdők lefolyást befolyásoló szerepéről, s azt követően több alkalommal, esetenként jelentős terjedelemben és részletességgel foglalkozott az erdők hatásával (Bedő 1888).

A csapadék-lefolyás összefüggéseinek hálózatosan kiterjedt vizsgálatával – más országokhoz hasonlóan – Magyarországon is a vízügyi ágazat foglalkozott, s foglalkozik napjainkban is. Ennek elsődleges célja a kisebb-nagyobb térségekből levonuló árvízi jelenségek jobb megismerése. A vízügyi kutatások is foglalkoznak az erdő hatásával (Korbély 1915; Kenessey 1930), de a túlnyomórészt 50 km²-nél nagyobb kiterjedésű vízgyűjtő területeken (Domonkos és Kovács 1983) a különböző körülmények között, az erdő jó esetben mellé-, de gyakrabban csak alárendelt tényezőnek számít.

A kifejezetten erdészeti jellegű hazai csapadék-lefolyás vizsgálatok köre viszonylag szerény. A Soproni-hegységben Firbás Oszkár, a Roth Gyula Erdészeti Technikum mérnök-tanára 1962-ben építtetett a Rák-patak Pisztrángos-tó fölötti szakaszára egy ún. lineáris-bukóként kialakított profilú vízhozammérő műtárgyat, amelyen 15 évig (1963–1977) mérték napi gyakorisággal a vízszintet, s jegyezték fel az abból számított vízhozamot (Firbás 1977). A műtárgy meglehetősen kis vízátbocsátó képessége és az adatgyűjtés metodikája (napi egy adat) nem tették lehetővé komolyabb összefüggések meghatározását. Mindezek ellenére Firbás Oszkár azon törekvése, hogy a szerény anyagi és műszaki lehetőségek ellenére, terepi mért adatokkal járuljon hozzá az erdőterület víz-háztartásának jobb megismeréséhez, minden elismerést megérdemel.

Az ERTI az első kísérleti területet, ahol vízhozamot is mértek, a Kisnána melletti Dolina-völgyben rendezte be 1954-ben, amelynek területe mindössze 5 ha volt, mivel a kutatás fő célja a felszíni lefolyás által okozott erózió vizsgálata volt. A kis kiterjedés miatt a Dolina-völgy csak időszakos vízfolyással bírt, azaz mederlefolyást csak a nagyobb vagy tartósabb csapadékesemények, valamint a hóolvadáskor lehetett észlelni. Az első évek adatait Bánky Gyula dolgozta fel havi és napi csapadékösszegekhez tartozó lefolyási értékek megadásával, amelyek közül az utóbbi adatsor érdemel figyelmet és tekinthető különösen értékesnek, mert ezek az adatok a melléklet rendezett kiegészítő információkkal (csapadék intenzitása, talajállapot, stb.) sokkal inkább tükrözik a csapadék és a lefolyás kapcsolatát, mint a haviak, vagy az éviak, ahol a meglehetősen különféle körülmények összemosódnak (Bánky 1959).

Ugyancsak az ERTI 1962-ben a Mátrafüred melletti Szárazkeszű fölső, 97,3 ha-os vízgyűjtő területének kifolyási szelvényében egy Thomson-típusú (összetett háromszög

keresztmetszetű) vízhozammérő műtárgyat létesített, kifejezetten az erdő lefolyást befolyásoló hatásának vizsgálatára. A feladat (a vízhozammérés) megoldásával kapcsolatos bizonytalanságot jelzi, hogy a műtárgy vízártó képességét $25 \text{ m}^3/\text{sec}$ -ra tervezték (Szőnyi 1966), azaz jelentősen túlméretezték. Ugyanakkor az adatgyűjtés és adatrögzítés módja nem tekinthető kielégítőnek, mert a kor technikai színvonalának megfelelő, mechanikus óraszerkezettel forgatott regisztráló-dob rövid szalagjára felrajzolt több napi lefolyási adat éppen olyan nehezen értékelhető, mint a hasonló működésű ombrográf szalagja. Az ilyen típusú regisztrálók nem képesek megfelelő részletességgel visszaadni a vizsgált, viszonylag gyorsan változó jelenségek időbeliségét. Hosszabb, azaz havi és éves időszakok, s több évre vonatkoztatott átlagos csapadék-lefolyás arányok, s az erdő, különösen az erdőtalaj vízvisszatartó képességének számszerűsítésére természetesen az ilyen adatsorok is alkalmasak és értékesek (Ujvári 1981a; Szőnyi 1967).

A Sopron melletti hidegvíz-völgyi erdészeti hidrológiai kutatóhelyen csak a 90-es évek elején vált valós lehetőséggé az erdei patakok vízhozamának mérése. Tájékoztató és előkészítő jelleggel 1992-ben (Kucsara és Vig 1993), valamint az 1993–94. években került sor a Rák-patak két állandó vízfolyású mellékvölgye, a Vadkan-árok (93,3 ha) és a Farkas-árok (63,2 ha) lefolyási viszonyairól történő adatgyűjtésre. A vízhozam meghatározása a vízgyűjtők kifolyási szelvényében lévő csőáteresztőknél köbözeses eljárással történt, egyrészt napi, vagy ritkább gyakorisággal, másrészt esetenként expedíciós jelleggel, adott csapadékesemény néhány órás időtartama alatti észlelési sorozattal. E vizsgálatok egyértelműen igazolták, hogy az erdészeti kisvízgyűjtők csapadék-lefolyás összefüggéseiről csak nagy gyakoriságú adatsorokkal lehet valós képet alkotni, mivel a nagycsapadékok keltette ár hullámok az ilyen kis kiterjedésű vízgyűjtőkön néhány óra alatt lejátszódnak (Kucsara 1996).

A Sopron melletti hidegvíz-völgyi erdészeti hidrológiai kutatóhelyen, az előzőekben említett két erdészeti kisvízgyűjtő kifolyási szelvényeibe 1995-ben úszós vízszint-érzékelővel (2001-től víznyomás érzékelővel) és elektronikus adatgyűjtővel felszerelt vízhozammérő bukóládák kerültek, amely lehetővé tette az akár egy perces gyakoriságú észlelést és adattárolást is (Kucsara et al. 2000). Az ilyen módon gyűjtött adatsorok jól szemléltetik, hogy nemcsak a különböző, hanem az azonos nagyságú csapadékesemények is – a körülményektől függően – más-más hatással lehetnek a vízhozamra.

Az erdőnek a lefolyásra gyakorolt hatását olyan nagyságú ($1\text{--}5 \text{ km}^2$) erdészeti kisvízgyűjtőkön lehet jól számszerűsíteni, ahol az erdő hatása nem mosódik össze más, például a különféle burkolt felületek (utak, beépített területek) igen erőteljes befolyásoló hatásával. Nagy gyakoriságú észleléssel nyert adatsorokkal igazolható, hogy kisvízfolyáson, az erdő nemcsak a kisebb, hanem a nagyobb csapadékesemények során is képes a csapadék 99%-át visszatartani, s annak csak 1%-a jut a vízfolyásmederbe (Kucsara 2005). Az 1% azonban rövid időre, gyakran csak két-három óra időtartamra, sokszorosára növeli a patak vízhozamát, „villám-árhullámot” okozva. Az erdő vízvisszatartó képessége tehát igen jelentős, de nem korlátlan. A legnagyobb csapadékesemények, s különösen a ritkán, de azért időről-időre előforduló legnagyobbak esetén is hasonló a víztömegben kifejezett vízvisszatartó képesség, de ilyen esetekben a lefolyásra kerülő vízmennyiség is igen nagy.

Ekkor alakulnak ki a „villám-árvizek”, amelyek időtartama rövid, legfeljebb egy-két nap, de a károkozás jelentős lehet.

A hidegvíz-völgyi erdészeti hidrológiai kutatóhely keretében az árhullám kialakulása és a vízfolyás menti levonulásának, s a befolyásoló tényezők arány-változása tanulmányozásának céljával létesült a Rák-patak felső 6 km²-es, valamint a felső 22 km²-es vízgyűjtő területének kifolyási szelvényében is egy-egy, ugyancsak automata elektronikus észlelő-adattárolóval rendelkező vízhozammérő műtárgy. A csapadék-lefolyás adatoknak az egyre növekvő vízgyűjtőre, s az ezen közben változó felszínborítottságra (erdő és egyéb területek aránya) vonatkozó feldolgozása folyamatban van.

Gribovszki et al. (2019) a klímaváltozás kapcsán egyre intenzívebbé váló csapadékok kapcsán vizsgálták az erdő szerepét a lefolyás lassításában. Így elemezték eltérő felszínborítású kisvízgyűjtők (erdősült, urbanizált) nagycsapadékokra adott válaszát is. Eredményeik szerint a városi részvízgyűjtőről származó fajlagos árhullámcsúcscok egy-két nagyságrenddel is meghaladták az erdősült vízgyűjtők fajlagos csúcsvízhozamait (Kalicz et al. 2012).

2003-ban az ERTI a Mátrában található Csórréti-víztározó vízgyűjtő területén, a már 1980-as évektől folyó komplex szervesanyag- és vízforgalmi vizsgálatok keretében, egy 170 és egy 41 ha-os erdővel borított mellékvölgy kifolyási szelvényeiben létesített korszerű vízhozammérő műtárgyakat (Manninger 2021). A nyilvánvalóan értékes és nagy szakmai érdeklődésre számot tartó csapadék-lefolyási adatok publikálására még nem került sor.

Ahogy a fejezet elején említésre került, az erdő hatása a felszíni lefolyásra, nevezetesen az árvizek kialakulására, már több mint száz éve foglalkoztatja a vízügyi szakembereket, s nemcsak az általuk végzett kutatások keretében, hanem az ezzel foglalkozó szakirodalom feldolgozása és felhasználása formájában is. A számos ilyen jellegű tanulmány közül Illés és Konecsny (2000) munkája feltétlen kiemelendő, akik a Felső-Tisza jelentős mértékben erdővel borított vízgyűjtő területén folytatott ukrán és román erdészeti kutatásokra alapozva, adatoltan elemző, a mintegy száz éves időszak társadalmi-gazdasági eseményeit is figyelembe vevő, s mindemellett kifejezetten mértéktartó megállapításokat fogalmaznak meg az erdő lefolyást befolyásoló hatásáról. Megállapítják, hogy a Tisza felső vízgyűjtő területén az erdők részaránya bár csökkent, annak víz visszatartó képessége így is igen jelentős, s nem lehet kimutatni, hogy a Tisza vízhozama az erdő csökkenésének hatására nőne. Az ezredforduló éveiben (1998–2000) előfordult nagy árvizek ismételt rámutattak arra, hogy az erdő lefolyást csökkentő hatása nem korlátlan, s a hasonló helyzetek kezelése érdekében egyéb eszközökre is szükség van. Ennek nyomán került kidolgozásra a „Vásárhelyi terv továbbfejlesztése” elnevezésű komplex árvízvédelmi program.

Felszín alatti lefolyás

A felszín alatti lefolyás, vagy más néven az erdei patakoknál az alapvízhozam, tulajdonképpen az árhullámok felszíni/felszínközeli lefolyása közötti csapadékmentes időszakokban jellemző vízhozam. A kisvízfolyások esetében, mivel az árhullámok viszonylag rövid idő alatt levonulnak, ez az alapvízhozam az év nagy részében jellemző mederbeli lefolyási forma.

Az alapvízhozam elsősorban a forrásokból és szivárgókból, valamint a vízfolyásmenti területek talajvizéből kapja az utánpótlást. Domb- és hegyvidéken e talajvíz hatása legtöbbször a vízfolyásmenti vegetációt érinti, különösen, ha az erdőt, amely ugyanakkor jelentős mértékben visszahat az alapvízhozam mennyiségi változására. A változás több idősíkon is érzékelhető.

Az egyik az alapvízhozam szezonális változása, amely a síkvidéki területeken is érvényesülő talajvízálláshoz hasonló módon, egy tavaszi magasabb és egy őszi alacsonyabb alapvízhozamban jelenik meg a párolgás éves dinamikájának fordított leképezéseként. A másik, egy hosszabb, több napos akár több hetes periódus, amelyben az árhullámok lecsengő ága, vagy más néven az apadási görbe jellemzői a meghatározóak. Az apadási görbe nyugalmi időszakban tapasztalható jellemzőiből vízgyűjtőszintű szivárgáshidraulikai paraméterek vezethetők le, míg a vegetációs időszakban a vízfolyásmenti vegetáció vízfelhasználásával kapcsolatban szerezhető információk (Szilágyi et al. 2007; Kalicz et al. 2011).

A harmadik idősíki az alapvízhozam napi ingadozása, amely az erdei kisvízfolyások esetében egy téli és egy nyári típussal jellemezhető (Gribovszki et al. 2006). A téli típus az olvadás-fagyás jelenségével van kapcsolatban és egy reggeli minimális, valamint egy délutáni maximális vízhozammal jellemezhető (Gribovszki et al. 2009). A nyári típus épp ellentétes fázisban van, a reggeli maximális és délutáni minimális vízhozammal, amit a vízfolyásmenti vegetáció vízfelvétele nap dinamikája indukál. Mivel itt a vegetáció az indukáló hatás, a nyári típus jellemzőiből a vízfolyásmenti vegetáció vízgyűjtő szintű talajvízfelvétele is számítható (Gribovszki et al 2010b).

Források

A források a felszín alatti lefolyás speciális megjelenési módjai, amikor a felszín alatti vizek (talajvíz, rétegvíz, hasadékvíz, karsztvíz) többnyire természetes módon, állandó vagy időszakos jelleggel a felszínre bukkannak. Erdészeti jelentősége elsősorban az erdő közjóléti funkciójával kapcsolatos, de a források természetvédelmi értéket is képviselnek (Havassy és Barkó 2000).

Az erdőterületen található, s többnyire állandó források nagy része „kiépített”, azaz foglalatra helyezett, ezzel mintegy felkínálva azokat az arra járók számára. A források mennyiségi jellemzőiről általában tapasztalati, vagy esetleg mért adatok is vannak, a víz minőségi sajátosságairól azonban igencsak hiányosak az ismeretek. Részletesebb vizsgálatok csak azoknál a nagy és állandó vízhozamú forrásoknál történtek, amelyek valamilyen hálózati vízhasznosítási, vagyis településrészek, erdei épületek (turistaház, vadászház) vízellátására is alkalmasak (Kessler 1959).

A kutatók ritkán választják témaként az erdei források tanulmányozását, különösen hosszabb időtartamra. Ezért is értékes Firbás Oszkár tevékenysége, aki elvégezte a Soproni-hegység forrásainak felmérését (Jablánczy és Fírász 1956; Fírász 1959), majd azt követően erdészek és diákok bevonásával hosszú időszakon át vizsgálta (méréte a vízhozamot és a hőmérsékletet) és gondozta azokat.

A források kutatása az elmúlt évtizedekben az Erdőmérnöki Karon, de más egyetemeken is, jellemzően TDK-dolgozatok és diplomamunkák, ritkábban doktori értekezések tárgya volt. Ezekről kisebb közlemények is fellelhetők a szaklapokban, de a munkák részletesebb eredményei az egyetemi (tanszéki) könyvtárakban találhatóak. Ezeken kívül a forrásokkal is foglalkozó tantárgyakat oktató egyetemi és főiskolai tanszékek egy-egy rövidebb pályázati ciklusban vizsgálták a forrásokat, azok minőségi jellemzőit is, amelyekről kutatási jelentések számolnak be, amelyek ugyancsak az egyetemi, főiskolai archívumokban érhetők el.

Lefolyás és erózió

Domb- és hegyvidéken a felszíni lefolyás, majd a mederben történő vízáramlás során erózió és hordalékszállítás történik. Bár az erdő talajvédő hatása igen jó, a kevésbé fedett területrészekben, különösen a „vonalak”, azaz a földutak és árkok mentén érvényesül az erózió, s a patakmeder folyamatos változásai során is eróziós és hordalékmozgatási folyamat zajlik. Az erdővel borított terület eróziós talajvesztésének vizsgálatával és számszerűsítésével több kutatás, többféle módszerrel is foglalkozott.

Az ERTI a Kisnána melletti Dolina-völgyben 1954-ben egy 4,8 ha-os területet kifejezetten az erózió vizsgálatára és mérésére rendezett be. A terület az erózió által korábban már jelentős mértékben károsított volt, de a vizsgálatok kezdetekor túlnyomórészt már bizonyos mértékű növényi borítottsággal bírt. A felszíni lefolyás és az eróziós anyagmenyiség mérése a kisvízgyűjtő kifolyási szelvényében elhelyezett, hordalékfogó medencével is rendelkező Thomson-féle bukónál, valamint hat, a különféle növényi borítottság alapján meghatározott típusú területen elhelyezett és lehatárolt 20–20 m²-es parcellán történt. A felmérések és adatgyűjtések az eróziót befolyásoló tényezőkre (talaj, vegetáció, meteorológiai elemek) is kiterjedtek (Bánky 1959). A hat típusú területen mért lefolyási és eróziós adatoknak a részterületekkel képzett összege jelenti a területi eróziót. Huszonnégy év (1955–1979) adatsorai alapján megállapítható, hogy ennek több mint kétszerese volt mérhető a Thomson-bukónál, azaz a kisvízgyűjtő kifolyási szelvényében, vagyis a teljes erózió több mint fele a vízfolyásmederben keletkezett. Az is megállapításra került, hogy a területi erózió mintegy 95%-a a fedetlen riolittufa részterületen képződött. A vegetációval borított területeken gyakorlatilag nem volt erózió (Újvári 1981b). A kishánai kísérletek érdekes eredménye az is, hogy a huszonnégy éves időszakban lehullott csapadéknak mindössze 10%-a került lefolyásra, vagyis a mégoly gyenge minőségű erdő vízvisszatartó képessége is igen jelentős volt.

A Soproni-hegységben a Tacsai-árok elnevezésű völgyben található közjóléti és horgászati rendeltetésű erdei tó fölött kialakított hordalékfogó kistó fenékszintjét az egyetem oktatói és hallgatói 1985-től kezdődően több egymást követő évben is felmérték, amelyből a feltöltődés mértéke meghatározható. A tóban lerakódott hordalék mennyisége a mintegy 160 ha-os, erdővel borított vízgyűjtő területéről távozó eróziós talajvesztéssel azonosítható (Kucsara és Rácz 1991). A méréssorozattal számszerűen érzékeltethető az erdőterület erodálódásának minimális mértéke, különösen arra való tekintettel, hogy a

hordalékfogó tóban visszatartott mennyiség túlnyomó része a vízfolyásmedrekből és árkokból származik.

Gribovszki Zoltán 1996–99-es időszakban vizsgálta az erdei patakok hordalékszállítását a Rák-patak két állandó mellékvízfolyásán, a Vadkan-árok és a Farkas-árok elnevezésű mellékvölgyek kifolyási szelvényeiben elhelyezett vízhozammérő bukóládáknál. Amintavételezés általában heti, illetve csapadékeseményhez kötött rendszerességű volt. Az eredmények szerint az árhullámokkal érkezik a görgetett hordalék 90–95%-a, s a fakitermelések hatása 2–6 szorosára emeli a hordalékhozamokat. Meghatározónak adódtak a vízfolyásmenti zónában végzett fakitermelési munkálatok, valamint a hordalékdepóniák megindulásának hatása a hordalékhozamok emelkedésére. A hordalékhozamot leginkább befolyásoló környezeti paraméterek a napi maximális árhullámcsúcs és az előző árhullámcsúcs megjelenése között eltelt idő voltak (Gribovszki 2000a,b). A lebegtetett és görgetett hordalékformákat összevetve megállapítható, az éves hordalékszállítás legnagyobb részét (80–85%-át) az árhullámok lebegtetett hordalékformája adja.

A Soproni-hegységben a Rák-patak völgyében 1981-ben létesített Brennbergi-tározó, a közjóléti és horgászati cél mellett, hordalékfogóként is funkcionál. A tóban lerakódott hordalék mennyiségének a mintegy 10 km²-es vízgyűjtő területre történő vonatkoztatása, az erdőterületről származó eróziós talajvesztesség mérésen alapuló számszerű becslésére alkalmas. 2006-ban egyetemi oktatók és hallgatók elvégezték a tómeder fenékszintjének, a tóban lerakódott hordalék vastagságának, valamint a tó felső végénél, a patak befolyásánál kialakult hordalékkúp felmérését, s az adatok térinformatikai alapú feldolgozását (Csáfordi et al. 2009). A felmérési metodika és a korábbi viszonyítási bázis (építési és megvalósulási tervdokumentáció) bizonytalanságai ellenére kijelenthető, hogy az erdőborítottság talajvédő hatása a vizsgált 25 éves időszakban jól érvényesült, a vízgyűjtőre vonatkoztatott fajlagos eróziós talajvesztesség mértéke kicsi, ami természetesen nem jelenti azt, hogy a vonalmenti erózió csökkentése érdekében erdőterületeken is ne lenne tennivaló.

Csáfordi és munkatársai (2012) a Hidegvíz-völgyben végzett eróziós és hordalékmérések tapasztalatain alapulva az ARC GIS program segítségével az eróziós veszteség becslésére alkalmas eljárást dolgoztak ki és tesztelték sikeresen.

Talajvíz

A síkvidéki erdő vízellátásában a meglehetősen véletlenszerű tér- és időbeli eloszlású és mennyiségű csapadék mellett a talajvíz kiegészítésként, de akár meghatározó vízforrásként is szolgálhat (Ijjász 1939). Magyarországon talajvíz megfigyelő hálózat létrehozását 1908-ban Roth Gyula kezdeményezte. Az első erdészeti talajvíz-megfigyelések 1911-ben Királyhalma környékén kezdődtek. A világháború és a „békediktátum” okozta veszteségeket követően az erdészeti kutatásügy újjászervezése 1920-ban vett komoly lendületet, amelynek keretében, s az alföldfásítással kapcsolatosan Kaán Károly szorgalmazására az Alföld teljes területén erdészeti talajvíz-megfigyelő hálózatot létesítettek.

Amikor Ijjász Ervin 1936-ban értékelte az erdészeti talajvíz-megfigyelő hálózat első tizenöt éves adatait, egyebek mellett az alábbi, maig érvényes megállapításokat tette (Ijjász 1936a):

- A talajvíz gyakran olyan mélységben van, hogy azt a fatenyészet elérheti. „Ennek a körülménynek az alföldi erdőgazdálkodásban végtelen nagy jelentősége van.” (Roth 1935)
- A talajvíz-viszonyok megfelelő értékelése, valamint a fatenyészet gyökérszónája és a kapilláris zóna kapcsolati lehetőségének jobb jellemzése megköveteli a talajvízszintek gyakoriságának és tartósságának megállapítását is.

Különösen az utóbbi megállapítás érdemelne napjainkban is nagy figyelmet, mert bár az áprilisi közepes talajvízszint, mint egyetlen számérték beépült az erdészeti hidrológiai kategorizálás rendszerébe, de nyilvánvaló, hogy az erdő és a talajvíz kapcsolatát lényegesen valósabban és árnyaltabban lenne érdemes ismerni, s figyelembe venni a szakmai döntéseknél.

Magyar Pál (1929) csemetéken végzett gyökérfeltárást Püspökladány környékén, szikes talajokon. Vizsgálatai alapján összegzőképpen megállapította, hogy a Nagyalföldön kedvező talajviszonyok között szinte minden fafaj mély gyökérzetet fejleszt (a 4–5 m mélységben található talajvizet is könnyen eléri 2 év alatt a facsemeték), míg erősen szikes agyagon még az általában mély gyökérzetűnek ismert kocsányos tölgy vertikális gyökere sem hatol le mélyre.

Későbbi írásában Magyar Pál (1960) megállapítja, hogy a kocsányos tölgy mélyre nyúló karógyökerei miatt a szárazabb talajt is elviseli. Az akác a levegőtlen, túl nedves talajt nem viseli el, de vertikális gyökereivel a mélyebb (5–6 m) talajvizet is eléri. A sekély (0–2 m) talajvizet leginkább a fehér nyár szereti, erős horizontális gyökérzete valamennyi fajunk között a legmesszebbre nyúló.

Szodfridt István és Faragó Sándor (1968) Duna–Tisza közén végzett vizsgálatai szerint felszín közeli talajvízű területen az erdő általában 50–60 cm-es talajvízszint-süllyedést eredményez, a légyszárú felszínborításhoz képest. Megjegyzik viszont, hogy 2,5 m-nél mélyebb talajvízállás (az általában legmagasabb áprilisi talajvízállásra vonatkoztatva) esetében csak egy záródás nélküli gyeptársulás tud megtelepedni természetes körülmények között.

Gribovszki et al. (2017) a Nagyalföldön végzett vizsgálataik alapján megállapítják, hogy erdők alatt a talajvízszint általában 0,4–0,6 méterrel alacsonyabban található, mint a szomszédos mezőgazdasági kultúrák alatt és a különbség a vegetációs időszakban jelentősebb. Ez az erdők alatti alacsonyabb talajvíztükör (a talajvízben található lokális depresszió) egy talajvíz hozzááramlási folyamatot indukál, ami csökkenti az adott erdőterület vízhiányát.

Major Pál (2002) egy, a Kiskunságban található főként fenyőkből álló erdőtömb és a talajvíz kapcsolatát vizsgálta. Megállapítja, hogy a talajvíz szintje maximálisan 0,8–1,1 m-rel mélyebben helyezkedett el, mint az erdőn kívüli területeken. A vizsgált erdő rész mérések alapján számított, tényleges évi párolgásának (transzspiráció, inter-

cepció együttesen) értéke (712 mm/év) az erdő 15–20 éves korától kezdődően, mintegy 130 mm-rel meghaladta az évi csapadékösszeget.

Ugyancsak nagyobb mértékű talajvízfelhasználásról számolnak be az erdők esetében Csáfordi et al. (2017), a Nagyalföldön több mint 20 talajvízkút adatainak elemzése alapján. A kutakat különböző erdőtürsulásokban és szomszédos mezőgazdasági kontrolterületeken létesítették. A vizsgált erdők közül az akácoknak viszonylag alacsony volt a talajvízfelhasználása (átlag: 0,4–1,0 mm/nap), míg a nyárasoké magasabb értéket mutatott (1,7–6,0 mm/nap). Ehhez képest a kontroll területek lágyszárú vegetáció formái nem, vagy alig használták fel talajvizet.

Móricz et al. (2016) síkvidéki területen utánpótlódási és feláramlási zónákban vizsgálták erdő és szomszédos gyepterületek talajvízfelhasználását. Eredményeik alapján a feláramlási zónákban fekvő erdők jelentősen több vizet használnak fel az utánpótlódási zónákban elhelyezkedőkhöz képest.

Az erdők mélyebb gyökérzete és nagyobb vízfelhasználása nemcsak talajvízszint csökkenést okoz, hanem felszínalatti sófelhalmozódást is indukálhat. Párhuzamosan megfigyelt erdő és kontroll terület talaj és talajvíz adatait értékelték (Tóth et al. 2014) a Nagyalföldön homokos szövetű talajokon. A sók, mind a talajban, mind a talajvízben nagyobb koncentrációban voltak mérhetőek az erdőtürsulások alatt. Az erdők biomasszája pozitív összefüggést mutatott a talajban mérhető sófelhalmozódással, de ennek mértéke fafajcsoportonként különbözött (nyár > tölgy > akác). Ez a sófelhalmozódás mérték azonban messze alatta maradt az erdőállományok létét veszélyeztető értéknek.

Bolla és Németh (2017) a Kiskunságban vizsgálta egy erdeifenyves, egy fehérnyáras és egy akác, valamint a szomszédos gyeptürsulások komplex vízforgalmát. A vizsgálatok kapcsán megállapították, hogy a gyepterületek vízfogyasztása jóval alacsonyabb, mint a mellette elhelyezkedő erdőállományoké.

Szabó et al. (2018) észak-alföldi akác, nemes nyár és kocsányos tölgy állományok talajvízfelvételét és az ezzel kapcsolatos ionforgalmat vizsgálták. Vizsgálataikhoz kapcsolatosan megállapítják, hogy a (talajvízből való) vízfelvétel mértéke és a megfigyelhető talajvízszint süllyedés mértéke közt nem közvetlen az összefüggés. Az egyéb lokális befolyásoló tényezők alapvető fontosságára hívják fel a figyelmet, mint topográfiai, hidrológiai viszonyok, talajtextúra, illetve az egyes fafajok eltérő vízfelvételi stratégiája. Felhívják a figyelmet arra is, hogy a fafajok talajvízfelvételének pontosabb meghatározásához nem elegendő egy egyszeri mérés, hanem folyamatos, több vegetációs időszakban folytatott talajvízmonitoring szükséges. Megállapítják, hogy az eltérő talajvíz-gyökérzet kapcsolatok felderítésére alkalmas eszköz lehet a talajban történő iontranszport vizsgálata.

Az előbbi adatokból látható, hogy a Nagyalföldön az erdő általában rászorul valamilyen többletvíz-készletre, s az erdő által feltárt többletvíz hozzájárul a jelentősebb biológiai produkcióhoz, valamint környezetének kiegyenlített hőmérsékletéhez is.

Az Alföld egyes területein (pl. Kiskunság) megjelenő regionális talajvízszintsüllyedést indukáló hatásokat vizsgálta komplex elemzéssel Pálfai Imre (2010) és megállapította, hogy a felszínborítás változás (ebbe beleértve az erdőterületek növekedését) hatása nem jelentős (maximum 10%). A talajvízszintcsökkenést meghatározó leglényegesebb ténye-

zők Pálfai szerint a csapadék és a hőmérséklet változása (elsősorban a téli csapadékhiány), valamint a rétegvízkészletek kitermelése, tehát nem az erdő.

Ártéri vízviszonyok

Ártéri területeken az erdők és a vízviszonyok kapcsolatának jobb megismerésében alapvetően a gyakorlati szakemberek jártak élen, különösen azok, akik több évtizedes tapasztalataikat írásba is foglalták, s ezzel közkinccsé is tették. Ártéren ugyanis a vízgazdálkodási körülmények jelentősen eltérnek más területekétől, mivel a vízfolyás medréből időnként kilépő víz elöntései, valamint az árhullámok miatt a vízfolyásmenti sávban megemelkedő talajvíz horizontális, azaz a medertől kifelé irányuló szivárgása az erdő részére kedvezőbb vízellátást nyújthat. E lehetőségek közül hullámtéren az árvízvédelmi gátak és a térszín magassági helyzete, mentett oldali ártéren a térszín magassági helyzete és a talajnak a szivárgással szembeni ellenállása szab határt (Tóth 1963).

A folyók többé-kevésbé rendszeres áradásai a hullámterek különböző magassági fekvéseit eltérő gyakorisággal és időtartamig öntik el, s ezzel eltérő módon és mértékben befolyásolják az ártéri termőhelyek vízviszonyait. A talajok magassági fekvése nagyon fontos természeti tényező. Ettől függ az elárasztások időtartama, az elárasztások gyakorisága és a folyómenti térség talajvíz szintjének a folyó mindenkori vízállásától függő helyzete, vagyis a talaj alsó vízutánpótlódása. Általában a vizsgált területhez legközelebb eső vízmércéhez viszonyítva célszerű értékelni a magassági fekvést, figyelembe véve a folyó árhullámjainak a vízügyi szervek által megfigyelt és regisztrált adatsorait.

A talaj rétegzettsége, vízvezető képessége és a mederrel való kapcsolata is fontos tényező. A folyó vízszintjének ingadozását a jó vízvezető, mélyen fekvő homokréteg pár nap vagy hét késsel 0,5–1 km távolságra fekvő területekre is közvetítheti. Ez az alsó vízutánpótlás nemcsak a hullámtéren, hanem a mentett oldali ártéren is igen fontos (Tóth 1963).

Az árterek vízviszonyaival az erdész szakemberek régtől foglalkoznak. Erre példa az Országos Erdészeti Egyesület 1907. évi pécsi vándorgyűlésén elhangzott, „A vízmentesítés hatása az erdőtenyésztetre a bellyei uradalomban” címmel közölt, gazdag élettapasztalatra épült tudományos értékű előadás (Fischer-Colbrie 1907). A szerző megállapítja, hogy a bédai zsilip 81,58 mAf. magasságú „0” pontjához viszonyítva Bédán 350 cm vízállás felett a fűz, 400 cm-től a nyár, 480 cm-től a keményfák tenyésznek. Tehát már abban az időben is a mai elvek és megfontolások alapján történt a fafaj megválasztása

A további időszak ártéri vizsgálataiból Tóth Imre munkássága emelkedik ki. Legjelentősebb tanulmányában (Tóth 1958) a bajai vízmércére alapozva állapít meg magassági szinteket. Tóth Imre a magassági kategóriákhoz kapcsolt fekvésekben a megjelenő lágyszárú vegetáció és az ezzel összefüggő vízgazdálkodási fok alapján határoz meg termőhely- és erdőtípusokat. A mentett oldalon az általa kialakított kategóriák alkalmazását egygel felfelé eltolva javasolja alkalmazni. Tóth Imre értékelési rendszere jelenleg is elfogadott a térségben, s jól adaptálható más árterületekre vonatkozóan is.

A hullámtereken az erdő visszahatása a vízviszonyokra egyértelmű, hiszen a mederből kilépő nagyvizek hullámtéri levonulását lassítja, különösen a dús lágyszárú és cserje-

szinttel is rendelkező erdő, s így magasabb vízszintek alakulnak ki, mint akkor, amikor a hullámtéren még nem volt erdő. Az árvízvédelmi töltések megépítése után azonban a korábban fátlan hullámterek is többnyire beerdősültek. Ezért nem túlzás azt állítani, hogy a hullámtéri erdő és az árvízszintek kapcsolatával legalább száz éve foglalkoznak, elsősorban természetesen a vízügyi szakemberek. Számos publikációval lehet igazolni, hogy a témakör iránti figyelem időnként megélné, azután esetleg egy-két évtizedre is lanyhul, de az időről-időre visszatérő nagy árvizek ismét az előtérbe helyezik. Ilyennek tekinthető az 1998–2001-es jelentős tiszai árvizek okozta káresemények hatására kidolgozott „Vásárhelyi terv továbbfejlesztése” elnevezésű, a korábbiaknál lényegesen komplexebb program is, amelynek minden korábbinál tartósabb és gyakorlati szempontból is komolyabb hatását a napjainkban folyó vizsgálatok, s az ezekről beszámoló publikációk is tükrözik (Szilágyi et al. 2021).

Az erdő és a vízviszonyok kutatásának jelene és jövője

Az elmúlt évtizedekben megjelent tanulmányok alapján megállapítható, hogy az erdők és a vízviszonyok kapcsolatával foglalkozó erdészeti és vízügyi szakirodalomban többször előfordult, hogy az erdész és vízügyi szakemberek az erdők sajátosságait vagy a vízviszonyok jellemzőit emelték ki jobban, vagy éppen nagyolták el, s emiatt az erdő-víz összefüggések megfogalmazása gyakran volt vitatható is. Az erdők és a vízviszonyok kapcsolatának igen összetett témakörében az erdészeti és vízügyi szakembereknek együtt kell dolgozni, sőt más szakterületekkel is együttműködni, mert az oktan viták elkerülése és persze a szakszerűség érvényesülése is, csak interdiszciplináris csoportmunkával lehetséges. Az erdő-víz témakör tanulmányozása során az erdész és a vízügyi szakma mellett, ahogy eddig is, úgy a jövőben is szorgalmazni kell a legkülönbözőbb szakterületekkel való közös kutatómunkát, mert csak ennek révén fogalmazódhatnak meg olyan komplex és multidiszciplináris összefüggések, amelyek a jelenségek és folyamatok jobb megértéséhez vezethetnek.

Kijelenthető, hogy az erdő és a vízviszonyok kapcsolata egy „örök” téma, de vannak aktualitások, sőt új szempontok, amelyek bizonyos vonatkozásokban időnként, vagy akár tartósan is a témakört előtérbe helyezik. Ilyen körülmény napjainkban és a jövőben is a klímaváltozás kérdése. A klíma mindig is alapvető befolyással volt és van, külön-külön is az erdőre és a vízviszonyokra, s így értelemszerűen a kapcsolataikra is. Ezért a klímaváltozás lehetséges hatásaival, függetlenül attól, hogy az egyesek szerint még csak feltételezett, mások szerint pedig már adatokkal bizonyítható, foglalkozni kell. Az erdei fás vegetáció száz-százötven éves élettartama miatt az erdészeti döntések, mint például a fajválasztás, hasonló időtávra vonatkoznak. Így egyértelmű, hogy a klímaváltozás lehetőségét és lehetséges hatásait komolyan kell venni, elemezni, vizsgálni kell, amelyre természetesen már a közelmúltban is volt és napjainkban is van törekvés (Gribovszki et al. 2020).

Napjaink és a közeljövő egyik legjelentősebb globális, és ennek részeként természetesen regionális és lokális problémája a környezetterhelés, a természeti erőforrások egyre erőteljesebb terhelése, mennyiségi és minőségi vonatkozásban egyaránt. Ennek egyik eklatáns megnyilvánulása a klímaváltozás, de a túlzott környezetterhelés az erdők és a

vízviszonyok vonatkozásában is tetten érhető. Fokozottabban kell foglalkozni a vízviszonyokból adódó tér- és időbeli lehetőségek meghatározásával. Ennek keretében a vízkörzés leggyorsabban megújuló és nagyságrendileg is legfontosabb elemének, a csapadéknak visszatartásával, amellyel nemcsak annak károkozása mérsékelhető, de a vegetáció általi hasznosulása és az emberi (társadalmi-gazdasági) igények szerinti hasznosítása is racionalizálható, az adott természeti erőforrás túlterhelése nélkül. Azért fontos ez a „résztéma”, mert a csapadék jobb hasznosítása révén jelentősen mérsékelhető a lényegesen lassabban megújuló vízkészletek, a különféle felszín alatti vízformák igénybevétele és terhelése.

Jelen tanulmányban túlnyomórészt magyar nyelvű publikációkra hivatkoztunk, abból a megfontolásból, hogy a témakör iránt érdeklődők számára, azok lényegesen könnyebben elérhetők, mint a külföldiek. Az irodalomjegyzékben található néhány idegennyelvű publikációval (egyben idegennyelvű hivatkozással) viszont arra kívántunk utalni, hogy vannak olyan résztémák és eredmények, amelyek nemzetközi vonatkozásban is jelentősek, amelyek nemzetközi szinten is elismertethetők és a legjelentősebb szaklapokban is közzé tehetők. A hazai mellett erősíteni szükséges a külföldi együttműködések, a szakmai indokoltság mellett, a nemzetközi pályázatokon való sikerebb részvétel miatt is, s ennek révén az idegennyelvű publikálás is jobb lehetőséget nyer.

Az erdő és a vízviszonyok kutatásának története az írásban, vagy manapság már gyakran elektronikusan megjelentetett szakmai tanulmányok, cikkek, kutatási jelentések alapján lehetséges. Köztudott azonban, hogy vannak olyan kutatások, amelyeknek eddig nem, vagy nem megfelelő mértékben történt a publikálása. Egy ilyen összefoglaló munkában, mint a jelenlegi is, a tudományos jelleg és a szakmai korrektség megköveteli a megfelelő hivatkozásokat. Ezért néhány napjainkban is folyamatban lévő és értékes eredményekkel kecsegtető kutatás, annak ellenére, hogy tudomásunk van róla, csak érintőlegesen került említésre.

Irodalom

- Bánky Gy. 1959: A kishánai eróziómérő állomás három évi munkásságának eredményei. *Erdészeti Kutatások* 6(3): 139–160.
- Bedő A. 1888: Árvizek és erdők. *Erdészeti Lapok* 27(5–6): 393–407.
- Bencze G. 1901–1902: Az erdő és a csapadék. *Erdészeti Kutatások* 3: 104–120., 4: 98–104.
- Bencze G. 1902: Az erdészeti kísérleti állomásokon 1901. évben gyűjtött meteorológiai adatok. *Erdészeti Kutatások* 4: 33–36.
- Bolla B. K. és Németh T. M. 2017: Monitoring of the Hydrological Balance in the Area of the Kiskunság National Park Directorate. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 13(2): 97–111.
- Bolla B. és Szabó A. 2019: A NAIK-ERTI hidro-meteorológiai monitoring rendszerének kezdeti eredményei a 2019. évi mérések alapján. *Erdészettudományi Közlemények* 10(1): 41–54.
- Csáfordi P., Kalicz P., Gribovszki Z. és Kucsara M. 2009: A Brennbergi-tározó hordaléklerakódás-vizsgálata. *Hidrológiai Közlöny* 89(3): 33–37.

- Csáfordi P., Pődör A., Bug J. és Gribovszki Z. 2012: Soil erosion analysis in a small forested catchment supported by ArcGIS Model Builder. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 8: 39–55.
- Csáfordi P., Szabó A., Balog K., Gribovszki Z., Bidló A. és Tóth T. 2017: Factors controlling the daily change in groundwater level during the growing season on the Great Hungarian Plain: a statistical approach. *Environmental Earth Sciences* 76: 675–690.
- Csáki P., Kalicz P., Zagyvainé K. K. A. és Gribovszki Z. 2020: „Erdők és természetközeli területek” vízháztartásának vizsgálata párolgástérképek segítségével. In: Csiha S. (szerk.): *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap, Lakitelek, 2020.11.10.*, 92–97. o.
- Cseresnyés I. és Csontos P. 2007: A feketefenyvesek szárazsági viszonyainak változása. In.: Csontos P. (szerk.): *Feketefenyvesek ökológiai kutatása*. Scientia Kiadó, Budapest.
- Domonkos M. és Kovács Gy. 1983: Kísérleti vízgyűjtőn meghatározott csapadék-lefolyás kapcsolat regionalális általánosítása. *Hidrológiai Közlöny* 6(3): 107–113.
- Firbás O. 1959: A soproni hegyvidék forrásai. *Soproni Szemle* 13(4): 33–58.
- Firbás O. 1977: A Soproni hegyvidék vízrendszerének vizsgálata. Szakmérnöki dolgozat, Sopron.
- Fischer-Colbrie E. 1907: A vízmentesítés hatása az erdőtenyészetre a bellyei uradalomban. *Erdészeti Lapok* 42: 851–864.
- Führer E. 1981: Intercepciómérések bükkösökben. *Erdészeti Kutatások* 74: 123–137.
- Führer E. 1984: A csapadék megoszlása és az intercepció különböző hazai erdőtársulásokban. Doktori értekezés, Sopron.
- Führer E. 1987: Lombos- és fenyőállományok hatása a hó felhalmozódására és olvadására. *Vízügyi Közlemények* 69(4): 557–575.
- Führer E. 1992: Intercepció meghatározása bükk, kocsánytalan tölgy és lucfenyő erdőben. *Vízügyi Közlemények* 74(3): 281–294.
- Führer E. 1994: Csapadékmérések bükkös-, kocsánytalan tölgyes és lucfenyves ökoszisztémában. *Erdészeti Kutatások* 84: 11–35.
- Gácsi Z. 2000: A talajvízszint észlelés, mint hagyományos, és a vízforgalmi modellezés, mint új módszer alföldi erdeink vízháztartásának vizsgálatában. Doktori (Ph.D.) értekezés, NYME, Sopron.
- Gribovszki Z. 2000a: Erdősült kisvízgyűjtők vízfolyásainak hordalékszállítására (Vizsgálatok két soproni kisvízgyűjtőn). Doktori (PhD) értekezés, NYME, Sopron.
- Gribovszki Z. 2000b: Erdei patakok görgetett hordalékszállításának vizsgálata a Soproni-hegységben. *Soproni Egyetem Tudományos Közleményei* 46: 93–107.
- Gribovszki Z., Kalicz P. és Kucsara M. 2006: Streamflow Characteristics of Two Forested Catchments in Sopron Hills. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 2: 81–92.
- Gribovszki Z., Kalicz P., Szilágyi J. és Kucsara M. 2008: Riparian zone evapotranspiration estimation from diurnal groundwater level fluctuations. *Journal of Hydrology* 349: 6–17.
- Gribovszki Z., Kalicz P. és Szilágyi J. 2009: Napi periódusú ingadozás a hidrológiai jellemzőkben. *Hidrológiai Közlöny* 89(2): 23–37.
- Gribovszki Z., Kalicz P. és Szilágyi J. 2010a: Talajvíz evapotranszpiráció számítása a vízhozamok napi periódusú ingadozása alapján. *Hidrológiai Közlöny* 90(5): 19–28.

- Gribovszki Z., Szilágyi J. és Kalicz P. 2010b: Diurnal fluctuations in shallow groundwater levels and in streamflow rates and their interpretation – a review. *Journal of Hydrology* 385: 371–383.
- Gribovszki Z., Kalicz P., Balog K., Szabó A., Tóth T., Csáfordi P., Metwaly M. és Szalai S. 2017: Groundwater uptake of different surface cover and its consequences in great Hungarian plain. *Ecological Processes* 6: 39.
- Gribovszki Z. 2018: Validation of diurnal soil moisture dynamic-based evapotranspiration estimation methods. *Időjárás* 122(1): 15–30.
- Gribovszki Z., Kalicz P., Palocz-Andresen M., Szalay D. és Varga T. 2019: Hydrological role of Central European forests in changing climate – review. *Időjárás* 123(4): 535–550.
- Gribovszki Z., Csáki P., Kalicz P. és Zagyvainé K. K. A. 2020: Az erdő vízháztartása a változó klímában. *Erdészeti Lapok* 155(10): 294–299.
- Günther F. 1903: Az erdészeti kísérleti állomásokon 1902. évben gyűjtött meteorológiai adatok. *Erdészeti Kutatások* 5: 38–41.
- Havassy A. és Barkó O. 2000: A források természetvédelmi jelentősége és védelmük lehetőségei Tokaji-hegységi példákon. *Hidrológiai Közlöny* 80(4): 260–264.
- Herceg A., Kalicz P., Kisfaludi B. és Gribovszki Z. 2018: Egy Thornthwaite típusú vízmérleg modell az éghajlatváltozás hidrológiai hatásainak elemzéséhez. *Erdészettudományi Közlemények* 8(1): 73–92.
- Herceg A., Nolz R., Kalicz P. és Gribovszki Z. 2019: Predicting impacts of climate change on evapotranspiration and soil moisture for a site with subhumid climate. *Journal of Hydrology and Hydromechanics* 67(4): 384–392.
- Ijjász E. 1936a: Az erdészeti altalajvízmegfigyelések eredményeinek rövid ismertetése. *Erdészeti Lapok* 75(9–10): 820–829.
- Ijjász E. 1936b: A nyersalomtakaró szerepe az erdők vízháztartásában. *Hidrológiai Közlöny* 16: 72–101.
- Ijjász E. 1939: A fatenyészet és az altalajvíz, különös tekintettel a nagyalföldi viszonyokra. *Erdészeti Kísérletek* 42: 1–107.
- Illés L. és Konecsny K. 2000: Az erdő hidrológiai hatása az árvizek kialakulására a Felső-Tisza vízgyűjtőben. *Vízügyi Közlemények* 82(2): 167–198.
- Illés N. 1869: Az erdei alomról. *Erdészeti Lapok* 8(1): 33–35.
- Jablánczy S. és Firtás O. 1956: Soproni hegyvidéki erdők vízrajzi felvétele. *Az Erdő* 91(1): 16–20.
- Jakucs P. 1973: „Síkfőkút Projekt”. Egy tölgyes ökoszisztéma környezetbiológiai kutatása a bioszféra-program keretén belül. *MTA Biológiai Osztály Közleményei* 16: 11–25.
- Járó Z. 1959: Az erdei alom. *Az Erdő* 94(8): 302–307.
- Járó Z. 1963: A lomb bomlása különböző állományok alatt. *Erdészeti Kutatások* 59(1–2): 95–104.
- Járó Z. 1980: Intercepció a gödöllői kultúrerdei ökoszisztémában. *Erdészeti Kutatások* 73: 7–17.
- Járó Z. 1981: A hazai erdők vízfogyasztása. *Agrártudományi Közlemények* 40: 353–356.
- Járó Z. 1989: Az erdő vízforgalma. *Az Erdő* 124(8): 352–355.
- Kalicz P., Gribovszki Z. és Király G. 2011: Galériaerdők hatása a vízfolyások apadási görbéire és ennek információtartalma. *Erdészettudományi Közlemények* 1(1): 45–57.
- Kalicz P., Gribovszki Z., Csáfordi P. és Kucsara M. 2012: Erdősült és különböző mértékben beépített kisvízgyűjtők lefolyása Sopron példáján. In: Bíróné Kircsi A. (szerk.): *Magyar Meteorológiai Társaság XXXIV. Vándorgyűlés és VII. Erdő és Klíma Konferencia, Debrecen, Magyar Meteorológiai Társaság*, 33–34. o.

- Kenessey B. 1930: Lefolyási tényezők és retenciók. *Vízügyi Közlemények* 12(1–6): 55–76.
- Kessler H. 1959: Az országos forrásnyilvántartás. (Tanulmányok és kutatási eredmények 7. szám). VITUKI, Budapest.
- Koloszár J. 1981: Természetes erdei ökoszisztémák és a csapadék. Erdő és Víz munkaértekezlet, Sopron.
- Korbély J. 1915: Az árvizekről. *Vízügyi Közlemények* 5(1–2): 1–34.
- Kucsara M. és Rácz J. 1991: Eróziós talajvesztés vizsgálat aerdőterületen. *Hidrológiai Tájékoztató* (4): 22–24.
- Kucsara M. és Vig P. 1993: A csapadék-lefolyás alakulása erdészeti kisvízgyűjtőn. *Vízügyi Közlemények* 75(2): 186–191.
- Kucsara M. 1996: Csapadék és lefolyás erdészeti kisvízgyűjtőn. Doktori értekezés, NYME, Sopron.
- Kucsara M. 1998: Az erdő csapadékviszonyainak vizsgálata. *Vízügyi Közlemények* 80(3): 456–477.
- Kucsara M., Mentés Gy. és Vig P. 2000: Erdei patak vízhozamának mérése bukóval. *Soproni Egyetem Tudományos Közleményei* 46: 81–91.
- Kucsara M. 2005: Az erdő vízgazdálkodása. *Vízgazdálkodás* (4): 2–3.
- Magyar P. 1929: Az alföldfásítás elméleti és gyakorlati kérdéseiből. Rádiós gazdasági előadások. 2. évf. B sorozat. 6.
- Magyar P. 1960: Alföldfásítás I. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Majer A. 1976: Félévszázados kísérletek a farkasgyepűi bükkösökben. *VEAB Monográfiái* 2(1): 1–236.
- Major P. 1976: Síkvidéki területek talajvízháztartásának vizsgálata. VITUKI témabeszámoló.
- Major P. 2002: Síkvidéki erdők hatása a víz háztartásra. *Hidrológiai Közöny* 82(6): 319–324.
- Manninger M. 2017: A csapadék változatosságának vizsgálata. *Erdészettudományi Közlemények* 7(2): 99–113.
- Manninger M. 2021: Vízhozam mérések a Mátrában. *Erdészeti Lapok* 156(4): 1.
- Martos A. 1965: Sopronkörnyéki erdők csapadékeloszlása és ennek termőhelyi vonatkozása. In: Az erdészeti meteorológia néhány kérdése. A MMT X. Vándorgyűlésén elhangzott előadások és hozzászólások, Budapest.
- Mérei K. 1862: Az erdők jelentősége a természet nagyszerű háztartásában. *Erdészeti Lapok* 1(1): 1–14.
- Móricz N., Mátyás Cs., Berki I., Rasztovits E., Vekerdy Z. és Gribovszki Z. 2012: Egy erdő és egy parlagterület vízforgalmának összehasonlítása. *Hidrológiai Közöny* 92(1): 67–74.
- Móricz N., Tóth T., Balog K., Szabó A., Rasztovits E. és Gribovszki Z. 2016: Groundwater uptake of forest and agricultural land covers in regions of recharge and discharge. *IFOREST* 7(5): 714–719.
- Papp L. 1953: Erdőgazdasági csapadékjelző szolgálat. *Erdőgazdaság* 7(7): 12.
- Papp L. 1954: Az 1952/53. gazdasági év csapadékviszonyainak erdőgazdasági értékelése. *Erdészeti Kutatások* 89(3): 31–45.
- Pálfai I. 2002: Az erdő és a víz kapcsolatának elemzése a Magyar Hidrológiai Társaság rendezvényein 1992–2002 között. *Hidrológiai Közöny* 82(6): 305–307.
- Pálfai I. 2010: A Duna–Tisza közti hátság vízgazdálkodási sajátosságai. *Hidrológiai Közöny* 90(1): 40–44.
- Roth Gy. 1935: Erdőműveléstan I–II. Röttig-Romwalter, Sopron.

- Sitkey J. 1996: Erdős vízgyűjtő élővízminősége a csapadék és a faállomány összefüggésében. Doktori értekezés, NYME, Sopron.
- Szabó A., Gribovszki Z., Bolla B., Balog K., Csáfordi P. és Tóth T. 2019: Észak-alföldi akác, nemesnyár és kocsányos tölgy erdőállományok hatása a talajvízre és ionforgalomra. Erdészet-tudományi Közlemények 9(2): 87–97.
- Szabó M. 1975a: A csapadékvizsgálat kérdései erdei ökoszisztémákban. Acta Biologica Debrecina 12: 155–162.
- Szabó M. 1975b: Net precipitation in a Hungarian oak forest ecosystem. Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae 21(1–2): 151–165.
- Szilágyi A., Vizi D. B. és Právetz T. 2021: Vízkárelhárítási szempontoknak megfelelő hullám-terti erdőgazdálkodás a Közép-Tisza-vidéki erdőállományokban. Erdészeti Lapok 156(6): 216–221.
- Szilágyi J., Gribovszki Z. és Kalicz P. 2007: Estimation of catchment-scale evapotranspiration from baseflow recession data: Numerical model and practical application results. Journal of Hydrology 336(1–2): 206–217.
- Szodfridt I. és Faragó S. 1968: Talajvíz és vegetáció kapcsolata a Duna–Tisza köze homokterületén. Botanikai Közlemények 55(1): 69–75.
- Szodfridt I. 1995: Nagy elődök nyomában. Erdészeti Lapok 130(9): 286–287.
- Szőnyi L. 1966: Erdészeti hidrológiai megfigyelések a mátrafüredi kísérleti vízgyűjtőben. Erdészeti Kutatások 62(1–3): 203–211.
- Szőnyi L. 1967: Az erdő hatása a vizek levonulására. Az Erdő 16(9): 411–414.
- Tóth I. 1958: Az Alsó-Dunaártér erdőgazdálkodása, a termőhely és az erdőtípusok összefüggése. Erdészeti Kutatások 93(1–2): 77–160.
- Tóth I. 1963: Közép és Alsó-Duna ártér erdőgazdasági táj. In: Danszky I. (szerk.): Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési irányelvei és eljárásai. OEF, Budapest.
- Tóth T., Balog K., Szabó A., Pásztor L., Jobbagy E. G., Noretto M. D. és Gribovszki Z. 2014: Influence of lowland forests on subsurface salt accumulation in shallow groundwater areas. AoB PLANTS plu054 6: 1–39.
- Ujvári F. 1981a: Az erdő hatása a víz elfolyásra a kishánai és szárazkeszői kísérletek alapján. In: „Erdő és víz” munkaértekezlet kiadványa, MTA VEAB Erdészeti szakbizottság, Sopron–Veszprém.
- Ujvári F. 1981b: Az erdők szerepének értékelése a vízgyűjtő területek hordalék-lemosódásának megakadályozásában. Erdészeti Kutatások 74: 107–124.
- Varga L. 1962: Az erdei alom bomlásáról. Az Erdő 11(2): 84–87.
- Vízügyi Műszaki Segédlet (VMS) 201/1-77: Rövididejű (10–180 perces) csapadékok meghatározása.
- Vízügyi Műszaki Segédlet (VMS) 201/2-78: A 3–24 óra időtartamú csapadékok meghatározása.
- Zagyvainé K. K. A., Kalicz P. és Gribovszki Z. 2013: Az erdei avar tömege és víztartó képessége közötti összefüggés. Erdészet-tudományi Közlemények 3(1): 79–88.
- Zagyvainé K. K. A., Kalicz P., Csáfordi P. és Gribovszki Z. 2014: Forest Litter Interception Model for a Sessile Oak Forest. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 10(1): 91–101.

Forest hydrology

At least more than one and a half century of history has the research of forest-water relationship and this topic gains relevant public interest in our time. It is obvious because forests have an important role in the water cycle and connect with many threads to the surrounding environment, so finally they have a significant impact on our everyday life. This study aims to compile the literature and history of forest hydrological research. We know that this kind of compilation can not satisfy the demand for completeness because of the limited extent and the subjective view of authors. On the other hand we hope this study gives a usefull overview of the forest–water relationship and their research, so it is an initial collection which forms a basis to support more elaborated works and gives opportunity to reach those results which are not mentioned directly here.

ERDÉSZETI POLITIKA ÉS ERDŐÉRTÉKELÉS

Lett Béla és Schiberna Endre

Szakterületi áttekintés és célkitűzés

Az erdőgazdálkodás több mint 300 éve igyekszik a tartamosság (fenntarthatóság) és a több-célúság elvének megfelelni, továbbá a társadalom különböző csoportjai igényeinek kielégítését összehangolni. Ezen törekvések hozták létre az erdőszeti politika szakterületét, amely az ágazat helyzetének értékelésére alapulva keresi a fennálló problémák megoldási lehetőségeit és irányt próbál mutatni a jövőbeli fejlődési lehetőségek feltárásával. Az erdőszeti politika, mint tudományterület, a politológia és a gazdaságtan határterületén helyezkedik el, hiszen hol az érdekelt csoportok viszonyrendszere, hol az ágazat működésének gazdasági jellemzői kapnak nagyobb jelentőséget.

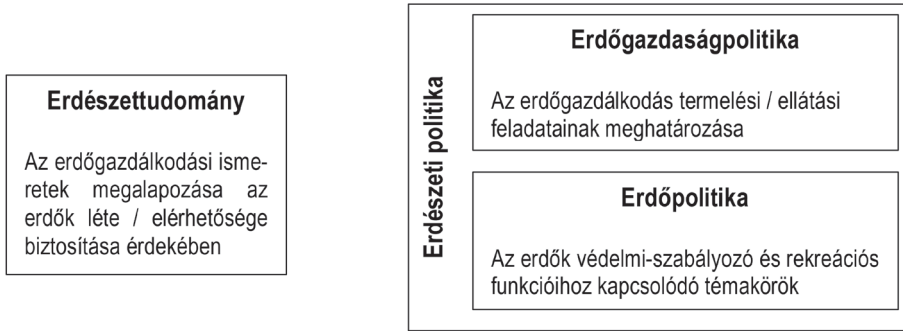
Az erdőszeti politika az erdőszeti ágazat hosszútávú stratégiai céljainak elérését szolgáló szabályozási rendszer. Az erdőszeti stratégiát és az erdőszeti politikát az erdőszeti ágazat szereplői (érdekeltjei) alakítják ki az ágazatban elfogadott alapelvek figyelembevételével, helyzetfeltárásból és probléma elemzésből kiindulva, az elérhető szaktudás felhasználásával és más nemzeti stratégiákkal és politikákkal összhangban. Az erdőszeti stratégia és az erdőszeti politika kialakítása döntések, tevékenységek és folyamatok összességén keresztül jön létre, amelyek közül vannak állandósult mechanizmusok, mint például az éves rendszeres adatgyűjtések (monitoring), vagy érdekegyeztető fórumok, vannak többéves periodikus tevékenységek, mint például időszakokhoz kapcsolódó politikai dokumentumok kidolgozása, felülvizsgálata és értékelése, valamint az előre nem vár eseményekhez kötődő ad-hoc akciók.

Szigorú megközelítésben erdőszeti stratégiáról és politikáról akkor beszélhetünk, ha az erdőszeti ágazatban az ezek kialakításához és működtetéséhez szükséges folyamatok, egyeztetési és döntési mechanizmusok intézményesített formát kapnak, azaz az erdőszeti stratégia- és politikaalkotás tudatos és szabályozott.

Történelmi távlatokban szemlélve, az erdőszeti politika kezdetei azokhoz az erdőszeti tárgyú munkákhoz kötődnek, amelyek a szakszerű erdőgazdálkodás alapjait fektetik le, és amellett, hogy összefoglalják az erdőgazdálkodással kapcsolatos ismereteket, az erdővagyonnal történő gazdálkodással kapcsolatban határoznak meg elveket és módszereket. Ezeket összefoglalóan erdőszettudományi munkáknak nevezhetjük.

Az erdőszeti ismeretek és a szakirodalom differenciálódásával az ágazati szabályozás témaköre önálló szakterületté vált, és mára magában foglalja az erdők mindennemű funkciójával kapcsolatos kérdésköröket, így ide soroljuk az erdőknek a természet védelmében betöltött szerepét, a védelmi-szabályozó funkcióit, a rekreációs és egyéb társadalmi hasznait is. Ennek alternatív megközelítése, amikor külön választjuk az erdőgazdálkodás termelési feladatait, amely elsősorban a faanyagellátást, valamint a pénzügyi eredményt és stabilitást helyezi a fókuszba, valamint azokat a témaköröket, amelyek az erdők védelmi és rekreációs

funkcióihoz kötődnek, és jellemzően az érintett társadalmi csoportok vagy a társadalom egésze szempontjából bírnak jelentőséggel. A különböző megközelítési és értelmezési módokat az ábra szemlélteti.



Az erdészeti politika jelentésének értelmezési lehetőségei

Az erdészeti politikai elemzésekhez mindenekelőtt ágazati statisztikai adatokra van szükség, amelyek ki kell, hogy terjedjenek az erdőgazdálkodási, feldolgozóipari és kereskedelmi folyamatok természetes leírására és pénzügyi jellemzőire, valamint az ágazat gazdasági és környezeti hatásaira. Ezt a területet azért tárgyaljuk önállóan, mert ezek az adatközlések nem csak az erdészeti politikának, hanem az erdőgazdálkodás más szakterületei számára is kiindulópontot jelenthetnek, és ezeknek a munkáknak a jellege is megkülönbözteti őket más erdészeti politikai munkáktól.

Az erdészeti ökonómia nagyon széles tárgyköréből az erdőérték-számítás területét választottuk, mivel ennek elméleti fejlődése viszonylag jól követhető, és belefér a terjedelmi korlátokba. Az erdő, beleértve a talajt (erdőföldet) is, nehezen értékelhető vagyonelem, hiszen a pénzügyi folyamatai a közgazdasági értékelések időhorizontján (maximum 30 év) messze túlnyúlnak. Az erdőértékelés szorosan összefügg az érték fogalmának értelmezésével, ennél fogva az uralkodó ideológiáktól függően az erdőértékelés megközelítése is változott. Az erdőértékelés során jól elkülönülnek az erdők pénzügyi és gazdasági hasznaiból levezett értékelemek és az egyéb érték kategóriák, amelyek az erdők nem piacosítható, de azonosítható hasznaiból származtathatók. Ez utóbbi területen különösen módszertani szempontból nagyon változatos próbálkozások születtek.

A magyarországi erdészettudományok kezdeti fejlődését az erős német nyelvterületi behatás jellemezte, amely különösen igaz az erdőértékelésre. Később a német mellett az orosz majd az angol nyelvű szakirodalom is jelentős hatást gyakorol.

Jelen tanulmány célja, hogy bemutassa a fent megjelölt tématerületek kutatásának fejlődését az érintett korszakok legfontosabb munkáin és eredményein keresztül.

Erdészeti politika

A magyar nyelvű erdészeti politikai szakirodalom kezdetei 1920-ig

Bár nem tartozik a szűkebben értelmezett erdészeti politikai tárgyú írások sorába, szimbolikus jelentősége miatt, valamint a korszellem bemutatása érdekében szükségesnek tartjuk ide idézni Vágner Károly (Mérei Károly álnéven) (1862) Erdőszeti Lapok első számának első cikkéneként megjelentetett írását, aminek kifejezett szándéka, hogy bemutassa az erdők nem anyagi hasznait. E kitüntetett helyből látható, hogy az erdészeti politikai gondolkodásban a magyar nyelvű szakirodalom kezdeteinek idején felismerték az erdők hasznainak sokféleségét és jelentőségüket a társadalmi jólét megteremtésében, ezért ezek megőrzése – mint ahogyan látni is fogjuk – az erdészeti ágazat szempontjai között szerepelt.

Az erdészeti ágazat működésével foglalkozó, főleg annak problémáira megoldást kereső tématerületet az erdészeti oktatás és kutatás kezdeteitől fogva erdészeti politikának nevezték az ezen a területen működő szakemberek. Az ágazat tudatos fejlesztésének igénye, az erdőgazdálkodás tartamossági elveinek érvényesítése, a célkitűzések meghatározása és az eszközök keresése különösen a nagy gazdasági és társadalmi átalakulások idején lángoltak fel. Az ezen a téren leginkább átfogó, és kifejezetten e témában készült írás Erdőditől (1866) származik, aki az erdészeti törvényi szabályozás előkészítése alkalmából adott átfogó áttekintést az erdőgazdálkodás nemzetgazdasági szerepéről és a készülő szabályozással kapcsolatos elvárásokról. Munkájában meghatározza az erdőgazdálkodás és a fafelhasználás regionális különbségeit, bemutatja az erdőket veszélyeztető tényezőket, és lehatárolja az erdőgazdálkodás, mint földhasználati forma létjogosultságának peremfeltételeit. Kifejti nézeteit az állami erdőgazdálkodás nehézségével kapcsolatban, sürgeti országos erdészeti statisztika összeállítását, valamint országos és megyei erdőfelügyelők kinevezését, valamint meghatározza azon erdőgazdálkodók körét, akikre nézve szükségesnek tartja hatóság által jóváhagyott üzemterv előírását, és szorgalmazza a magyar nyelvű erdészeti felsőoktatás bevezetését.

Keleti (1871) a Magyarországról szóló átfogó leíró munkájában részletesen bemutatja az erdők és az erdőgazdálkodás állapotát. Kitér a nagy hegyvidéki erdőségek és a fátlan alföldi puszták kontrasztjára, miszerint az előbbi hatalmas mennyiségű, ám nehezen szállítható és ezért kevésbé jövedelmező faforrás, míg a fátlan pusztán az erdők legfontosabb feladata a futóhomok megkötése. Leírja, hogy az alföldeken bár kisebb a faigény, mivel a tüzelés főként szalmával és trágyával történik, ennek ellenére ezek a térségek mindig is a felvidékekből származó fára lesznek utalva. Tekintettel a munka átfogó jellegére, az iparfejlesztéssel kapcsolatban megemlíti az erdők jelentőségét a bányaművelésben, vasgyártásban, valamint a mész, szén és hamuszír égetésben. Az akkor elérhető legfrissebb népszámlálási adatokra támaszkodva bemutatja az erdőterületek országos eloszlását, valamint a vármegyék egy főre eső erdőterületét és erdősültségét. Ez utóbbi adatot térképen is közli, és megemlíti a részletesebb erdészeti statisztikák szükségességét. Az erdőgazdálkodás legnagyobb problémájának az erdőirtásokat és a nyomokban fellépő eróziós károkat tartja, amelyet részben a szabályozási hiányosságoknak, részben a meglevő szabályok elégtelen végrehajtásának tud be. Kiemelendő, hogy Keleti az erdők kiirtását nem csak gazdasági kárként fogta fel, hanem

ahogyan írja: „[...] az irtás oly helyekre is kiterjedt, hol absolut erdőtalaj léteztén, pusztítása pótolhatatlan kár nemcsak birtokosra és utódaira, de a kopár hegyek tömérdek vizmosásai folytán szomszédokra, a szárazság fokozása, s így az éghajlat rontása által az összes országra nézve is”. A problémák megoldásának alapfeltételének tartja a korabeli közvéleménnyel megegyezően a magyarnyelvű szakoktatás fejlesztését és a hazai diákok selmecebányai minél nagyobb számú megjelenését.

Az erdők védelmének szükségessége messze nem csak az erdőnek, mint alapanyag és energiahordozó forrásnak az a megőrzését jelentette. Az erdő többcélúságát, anyagi és nem anyagi értékeit részletes vizsgálatnak veti alá Mihálffy Ernő (1883), akinek joghallgatóként készített pályamunkája nyomtatásban is megjelent. A német és magyar szakirodalomra támaszkodva részletesen ismerteti azokat a védelmi és szabályozó funkciókat, amelyeket ma is a legfontosabbnak tartunk: erózió, szél, légszennyezés elleni védelem, valamint mikroklíma, kártevők stb. szabályozása. Hangsúlyosan megjelenik emellett a madarak védelme, és külön fejezet foglalkozik az erdők eszmei értékével, irodalmi, képzőművészeti és más szellemi gondolati megtermékenyítő erejével.

A 20. század legelejére Magyarország hatalmas ipari fejlődésen ment keresztül, amely megnövelte a faigényt, megnövelte az erdőtulajdonosok erdőkből származó jövedelem-igényét, ugyanakkor az alacsony sűrűségű vasút és közút hálózat akadályozta az erdők hasznosítását a különböző faválasztékok termelésének és értékesítésének lehetőségét. Kaán Károly (1904) az erdőgazdálkodás fejlesztésével kapcsolatban készült elemzésével mutat rá arra a kényszerhelyzetre, hogy a hegyvidékeken a rossz szállítási lehetőség miatt elterjedt a lábön történő értékesítés (az akkori szóhasználattal házilagos vagy belterjes termelés helyett), ahol a szállításról a vevő gondoskodik. Ez azzal a következménnyel jár, hogy a vásárló az ideiglenes szállítási infrastruktúra megtérülése érdekében nagy területeket vág tarra, amely nyomán nagy eróziós károk keletkeznek, és a felújuló faállományok jellemzően elegenden lucosok és erdeifenyvesek lesznek. Községi erdők esetén az előbbieken felül még az erdőfelújítás leegeltetése is rendszeres gyakorlat volt, amíg azok szorosabb állami felügyelet alá nem kerültek. Összességében a kedvezőtlen szállítási feltételek és erdőgazdálkodási gyakorlat következménye volt, hogy Ausztriából több puha (fenyő) fűrészárut hoztak be Magyarországra, mint amennyit oda exportáltunk.

Háborús pusztítások és messze ható következményeik (1921–1960-as évek)

Az 1921. évi területvesztések után alapvetően új helyzetbe került Magyarországon mind az erdőgazdálkodás, mind a fafeldolgozás. Az események során és közvetlenül azt követően Kaán Károly (1921, 1923) tekinti át a helyzetet. Az első munkájában a háborús körülményeket és az azt követően várható hatásokat elemzi, amelyben kitér a háborúkkal együtt járó erdőpusztítások gazdasági és környezeti negatív hatásaira, valamint lényegében programot hirdet az erdők védelmében és gyarapítására, különös figyelemmel az Alföld fásítására. Második munkája egészen részletesen foglalkozik az általa kedvezőtlennek, illetve kedvezőnek ítélt erdőgazdálkodási gyakorlatokkal és szakkérdésekkel. Így foglalkozik a tarvágások-

kal, a sarjgazdálkodással, az akác előretörésével, az elgyertyánosodással, és taglalja a szálalás lehetőségeit.

E korszak legalaposabb visszatekintő összefoglalását Lesenyi Ferenc (1936) adja, aki a II. Nemzetközi Erdészeti Kongresszus alkalmából részletes, adatokkal és térképekkel gazdagon illusztrált tanulmányt készített, bemutatva a magyar erdőgazdálkodás szabályozásának fejlődését a középkortól kiindulva és az akkori aktuális – az alábbiakban bemutatott más szerzők által is tárgyalt – kihívásokat.

A helyzet súlyosságát jól jellemzi, hogy az ország tűzifából is behozatalra szorult, amelynek az ára is magasra szökött. Ez utóbbi témával kapcsolatban Véssei Ferenc (1939) közöl részletes elemzést azt követően, hogy a felvidéki és kárpátaljai terület-visszacsatolásoktól a közvélemény a tűzifa árának meredek csökkenését remélte. Véssei részletes számításokat végez, amelyekben kimutatja, hogy bár árcsökkenésre lehet számítani, ez azonban csak kis-mértékű lehet, hiszen a visszacsatolt területek egy része (pl. Csallóköz) ugyanúgy faigény-nyel lép fel, mint az anyaország, és Kárpátalján a helyi feldolgozóipari szükségleten felül megmaradó tűzifa tartamos fakitermelési szintek mellett éppen csak arra elegendő, hogy az ország negatív tűzifa külkereskedelmi egyenlege megszűnjön. Emellett a kitermelés és szállítás költségei az új helyzetben sem csökkentek.

A többnyire a csonka országrészben maradt feldolgozókapacitás működtetéséhez az elcsatolt területekről származó alapanyag már importnak számított. Bár a faanyaghiány hazai erdőkből való gyors pótlása nem lehetett reális alternatíva, az alföldfásítás és a fenyő alkalmazása új lendületet kapott az 1920-as és 1930-as években. Ezt a folyamatot írja le adatokkal gazdagon illusztrálva és elemezve Pálinkás András (1939), aki megállapítja, hogy az erdőtelepítések korai (1923) elindítása ellenére főleg a gazdasági nehézségek miatt csak évi 1–3 ezer hektáros mértékben haladt, ami csak 1936 után emelkedett meg 4–5 ezer hektárra. A remélt többletfakitermelést hosszú távon évi félmillió köbméterre teszi, amivel megszűnhetne a tűzifa import szükséglet. Ehhez még javasolja a lignin és a tőzeg háztartási égetésének propagálását is, valamint az épületfa kiváltását fém és vasbeton megoldásokkal, valamint a fahulladékok takarékos felhasználását. Pálinkás külön fejezetet szentel a fafeldolgozás elemzésére, annak pénzügyi teljesítményére és foglalkoztatási adataira, valamint sorra veszi a fejlesztési lehetőségeket, amelyeket elsősorban a fakémiai üzemek létesítésében lát.

A 2. világháború, csakúgy, mint az 1. világháború, gyökeresen megváltoztatta az erdőgazdálkodás körülményeit, de ezúttal annak tulajdonosi, politikai és gazdasági környezetét. A többnyire az államosítás révén létrejövő, az erdőterület 75%-át kitevő állami tulajdon hasznosítására létrehozott Magyar Állami Erdőgazdasági Üzemek vezetőjeként Barlai Ervin (1946) készített tanulmányt az erdészeti politika kihívásairól és teendőiről. Ennek bevezetőjében megállapítja, hogy az erdőgazdálkodás korábbi szabályozása képtelen volt megakadályozni az erdőirtásokat, a tartamos szint feletti fakitermelést és a sarjasztatást. Mindezeket – a kor uralkodó politikai áramlatának megfelelően – a magántulajdon és az erdőgazdálkodási alapelvek kibékíthetetlen ellentétének tulajdonítja. Adatokra és az állami tulajdonba került erdők friss felméréseire alapozva bemutatja, hogy a faállományok élőfa-készlete messze elmarad a kívánatoshoz képest, és kiszámítja, hogy a korábban alkalmazott rendkívüli fakitermelések folytatásával 13 éven belül a kitermelhető erdővagyon elfogyyna.

Meggyőződéséhez – miszerint a kényszerfakitermelések tönkre teszik az ország erdővagyonát – akkor is ragaszkodott, amikor 1949-ben az újjáépítések érdekében Magyarország fakitermelését másfélszeresére akarták emelni, aminek következtében végül pozíciójából leváltották. Az „erdőtőke” kímélete mellett síkra száll a két világháború között meghirdetett, de el nem végzett erdőtelepítési programok folytatása, a szaksterű felújítások, a fenyőterület növelése, a racionális fahasznosítás és az erdőgazdálkodás számára stabil jövedelmezőség biztosítása mellett.

Erdészeti politika a szocializmusban (1960-as évek – 1990)

Az erdészeti politika a szocializmus ideológiai kereteitől és a tervutasításos gazdaság-szervezéstől idegen szakterület volt, ezért az oktatását megszüntették. Később, az enyhülés időszakát követően, az 1970-es években Magyarország aktívan részt vett a nemzetközi erdészeti politikai folyamatokban, amely növelte a hazai szakembergárda elismertségét, egyúttal közvetlen kapcsolatot teremtett a hazai és a nemzetközi erdészeti közgondolkodás között. Szimbolikus alkalma volt ennek a folyamatnak az 1972-ben megrendezett VII. Erdészeti Világkongresszus, amelyen az erdők hármaskörű funkciójának deklarálását Madas András ülésvezetőként segítette. Az erről az eseményről készült részletes beszámoló egyedülálló módon foglalja össze a kor nemzetközi erdészeti politikai irányvonalait, valamint nyújt betekintést a nemzetközi fórumok működésébe (Halász et al. 1973).

A magyarországi és a nemzetközi erdészeti politika témájában Madas András (1978) készített átfogó munkát, amelynek egyedi jellegzetessége, hogy nem csak a rég- és a közelmúlt folyamatait foglalja össze, hanem a jövőben várható trendeket áttekintve határozza meg az erdőgazdálkodás jövőbeli feladatait.

Az életszínvonal emelkedésével és a népjóléti intézkedések eredményeként az erdők rekreációs szolgáltatásai iránt egyre növekvő kereslet mutatkozott. Ennek kezelésére és mind magasabb színvonalon történő kielégítésére a parkerdők gondozását, az erdei kikapcsolódást szolgáló infrastruktúra létrehozását és az erdő esztétikát magában foglaló külön szakterület, a jóléti erdőgazdálkodás jött létre. A jóléti erdőgazdálkodás szerepét, lehetőségeit, műszaki tervezési, üzemtervezési, szabályozási és fenntartási feladatait Keresztesi et al. (1971, 1982) részletesen tárgyalják.

A szocializmus időszakának egyik legjellegzetesebb karakterjegye az erdőművelési munkák finanszírozási rendszere. Egyedülállósága abban rejlett, hogy a fakitermelések mennyisége után fizetendő díjak felhasználásával az erdőművelési munkákat lehet finanszírozni. Ezt a pénzügyi rendszert, valamint az egész ágazat jövedelmezőségét alapvetően befolyásoló árrendszer történetét és működésének tapasztalatait mutatja be részleteiben Halász Aladár (2003). Megállapítja, hogy a rendszer az 1968-as módosítást követően nem csak az erdőfelújítások költségeinek fedezésére szolgálhatott, hanem jövedelemszabályozó szerepet is betöltött, 1970-től pedig a fakitermelés és fafeldolgozás termékszerkezete szabályozásának eszközévé is vált. A rendszer működése a későbbiekben is 3–5 évente változott az aktuális gazdasági helyzetnek és a faellátási céloknak megfelelően, de mindvégig az erdészeti politi-

ka egyik legfontosabb gazdasági szabályozó eszköze maradt. A rendszer működésének elvi jellegzetességére világít rá Lett Béla (1998) az önfinanszírozási fahozam fogalmának bevezetésével.

Erdészeti ágazati adatforrások

Az erdészeti politika és az ágazatgazdaságtan egyik alappillére az ágazat működését leíró statisztika. Ennek oka nem csak a tényekre alapuló elemzések és döntéshozatal szükségése, hanem az is, hogy az adatok rögzítése nélkül a múlt folyamatai feledésbe merülnek, a hosszútávú értékelések, az elképzelések, vélemények és a tények összevetése ezek nélkül nem lehetséges. A fent idézett, korai erdészeti politikai munkák által hiányolt részletes erdészeti adatokat végül az erdészeti jogszabályok és a hatósági felügyelet felállása után lehetett előállítani. Magyarország erdő- és vadgazdálkodásának leírását Bedő Albert (1896) adja közre több alkalommal, amely közül az utolsó kiadás három kötetben adja meg az összes erdőkre vonatkozó ismert adatokat, az erdők községek szerinti eloszlását és végül a kincstári erdők működésének részletes adatait.

Az 1. világháborút követő időszakot Halász Aladár (1960, 1966) szerkesztésében dolgozták fel több kötetben, amelyben közreadják az erdőgazdálkodás hazai természetes, pénzügyi és egyéb gazdasági adatait, valamint részletes kitekintést tesznek a világ erdeinek elérhető adataira.

Halász Aladár (1994) szerkesztőként Trianontól a rendszerváltásig terjedő 70 évet dolgozza fel az erdőleltári adatok, az erdőgazdálkodási tevékenységek, a munkaügyi és külkereskedelmi adatok közreadásával.

Speer et al. (1971) az erdőgazdálkodási adatok mellett a fagazdasági és fakereskedelmi szakterületre az 1950-es és 1960-as évek adatait mutatják be hazai és nemzetközi viszonylatban.

Erdőértékelés

Az erdőértékelés kezdetei és ma is alkalmazott alapelveinek lefektetése 1945-ig

Az erdők és más földművelési ágak adásvétele és bérleti jogviszonyon alapuló használata a magántulajdon megjelenéséhez köthető, ami Európa nyugati felében a 18. században elterjedt. Ezen ügyletekhez, valamint az adózáshoz kapcsolódóan merült fel az igény a föld értékének meghatározására, amely mezőgazdasági művelés esetén az éves rendszeres jövedelemből lehetett számítani, ám erdők esetén a hosszú hozam nélküli időszakok miatt ezt nem lehetett közvetlenül alkalmazni. A kezdeti eljárások alapvetően a kitermelési értéket, azaz az erdő aktuális állapotában történő fakitermeléssel elérhető jövedelmét tekintették irányadónak, illetve a földadó meghatározása céljából meghatározták a vágásforduló átlagos éves „tisztá jövedelmét”. Ez utóbbi szolgáltatta a máig alkalmazott földminősítési eljárás, az „aranykorona rendszer” számítási alapját.

Lényeges előrelépést jelentett a jövőben esedékes hozamok jelenbeli értékének figyelembe vétele, amihez a kamatszámítás különböző módszereit hívták segítségül. Az egyszerű kamat, a kamatos kamat, valamint ezek átlagolásával keletkezett vegyes eljárások alkalmazhatósági feltételeire azonban nem született általános érvényű szabályrendszer. A korrekt matematikai alapokra épülő és az erdőértékelés különböző helyzeteivel koherensen foglalkozó munkáikkal a németországi König és Faustman hosszú időre lefektették az erdőértékelés elméletét, és azóta is viszonyítási alapként szolgálnak.

Hazánkban az erdőértékelés kutatása és oktatása a német szakirodalomra épülve kezdődött meg a selmecbányai akadémián, és a 19. század második felében lezajlott tulajdoni változások (úrbéri rendszer megszüntetése) miatt gyakorlati jelentőséget is kapott. Ebben a korban a témával legaktívabban Beivinkler foglalkozott, aki először az 1853-ban megjelent Erdőgazda című munkájában, majd a több kiadást megélt, kifejezetten a gyakorlati erdőérték számítással foglalkozó könyvében írt erről. Beivinkler (1861) kifejti, hogy munkáját kifejezetten a soron következő „tagosításokra” tekintettel tartja fontosnak, és annak szerkezetét is a gyakorlati erdőértékelési helyzetek szerint alakítja ki. Az általa bemutatott négy alaphelyzet:

- „Mivelés által ujdon képzendő tartós erdő” – telepített erdő normál koreloszlással
- „Ujdon képzendő szünetelő erdő” – egykorú telepített erdő
- „Fennálló tartós erdő” – meglevő erdő normál koreloszlással
- „Fennálló szünetelő erdő” – meglevő egykorú erdő

A fenti erdőértékelési feladatokra kidolgozott eseteket a megoldásokkal és a szükséges segédtablákkal együtt közli.

A 19. század második felében az erdőértékeléssel foglalkozó másik kutató Fekete Lajos volt, aki első témába vágó könyvét 1874-ben jelenteti meg, amelyet a bevezetőben leírtak szerint korabeli német szerzők munkáira alapozott. Ezt a munkát egy átdolgozott és kibővített második kiadás követte 1892-ben (Fekete 1892), valamint e téma alá sorolható az 1900-ban megjelenő Erdészeti nyereségszámítástan könyve is (Fekete 1900). Mindhárom munka igen alapos, az erdőérték-számítás alapismereteit is részletesen bemutató mű, amelyekben a különböző erdőértékszámítási helyzetekben alkalmazandó eljárások és gyakorlati példák is helyet kapnak.

Fekete Lajos munkája több évtizedre jelentett nem csak etalont, hanem lényegében az egyetlen összefoglaló munka maradt. Célirányos kiegészítést Fekete Zoltán (1931) készített hozzá a mutatószázalék számításának és alkalmazásának tisztázása érdekében. Ennek konklúziójaként kifejti, hogy a mutatószázalék – amely a faállomány jövőbeni pénzügyi értéknövekedésének várható mértékét fejezi ki – nem alkalmas a vágáskor meghatározására, hiszen a szálerdő gazdálkodás esetén ez az érték szinte mindig kisebb, mint a referenciaként szolgáló kamatláb, tehát a pénzügyi vágáskor alacsonyabb, mint a szálerdő-gazdálkodásban alkalmazott vágáskorok. Ugyanakkor a már többé-kevésbé kiegyenlített hozam lehetőségekkel rendelkező erdőterületeken, amikor a fakitermelések besorolását nem kényszerdöntések határozzák meg, a fenti mutató hasznos döntéstámogató információ lehet.

Erdőértékelés ideológiai reformkísérlete és a rekreációs funkciók értékelése a szocialista rendszerben (1946 – 1990)

A 2. világháborút követő szocialista átalakulás ideológiai alapon kérdőjelezte meg az erdőértékszámítás létjogosultságát, aminek következtében az oktatását is beszüntették. Az 1950-es évektől az Erdészeti Tudományos Intézetben újra elindulhattak a tématerületen végzett fejlesztések, amelyek célja az erdőérték szocialista szemléletének és értékelési módszereinek kidolgozása volt. Kulcsár Viktor (1958, 1960) több cikkben értekezik a korábbi erdőértékelési eljárások egyes elemeinek alkalmazhatóságáról és az erdőértékelés szocialista felhasználásáról. Különös figyelmet fordított a kamat szerepének, valamint azon elv érvényesítésének, hogy értéket csak az emberi munka képezhet, ezért például az erdőtalaj értékét nem veszi figyelembe. Az Erdészeti-Vadászati-Faipari Lexikon (Bakkay et al. 1964) az erdőérték kifejezés alatt 1964-ben is azt írja, hogy az erdőértékelés ideológiai alapú továbbfejlesztése a jövő feladata. Ebben az időszakban az erdőket érintő kárügyek rendezéséhez az „Erdei érték és ár szabályzatot” használták.

Az 1960-as években enyhülő politikai elnyomás és az 1968-ban meghirdetett „új gazdasági mechanizmus” új szemléletet nyitott a szocialista gazdasági gondolkodásban, amely sokkal kevésbé ragaszkodott a marxista filozófiához, és ennél fogva nagyobb tere nyílt a korábbi erdőértékelési eljárások továbbvitelének.

Az erdőértékelési módszerekkel kapcsolatos legátfogóbb tanulmányt Márkus László (1975) közli, amelyben a korszakban született tanulmányokra és szakkikre támaszkodva összefoglalja az erdőtalaj és a faállomány értékelési elveit, valamint az egyes módszerek alkalmazását. A munka legnagyobb erénye az erdők ún. immateriális szolgáltatásai értékelési lehetőségeinek bemutatása. Márkus ezt a témakört a kárértékelések tekintetében továbbfejlesztve, valamint az immateriális szolgáltatások értékelésének nemzetközi szakirodalomban fellelhető fontosabb módszereinek ismertetésével kiegészítve önállóan (Márkus 1986) és Mészáros Károllyal (Márkus és Mészáros 1997) is megjelenteti.

Somkuti Elemér (1982) a faállomány értékének meghatározásához abból a dilemmából indul ki, hogy közgazdasági értelemben a faállomány állóeszköznek és forgóeszköznek is tekinthető, de a besorolása egyik kategóriába sem egyértelmű. Eljárásának alapja az a szemlélet, hogy a befejezett erdősítés (amelynek fatérfogata szinte elhanyagolható) egy olyan állóeszközt képez, amelyen a növedék (illetve az élőfakészlet) a létrehozott termék (forgóeszköz). A befejezett erdősítés értéke az erdősítési ráfordításokból vezethető le, míg a faállomány értékét azok árbevételi értékével és kitermelési értékével jellemzi. Ilyen módon a termék létrehozása érdekében a befejezett erdősítést mint állóeszközt használjuk fel.

Az erdőtalaj értékének meghatározására Illyés Benjamin (1990) tett új javaslatot. A Faustman eljárás módosításával vezeti be a „dinamikus erdőföld-érték” fogalmat, amely az erdőtalaj értékének meghatározására szolgáló örökös korszaki jövedelem tőkeértékét nem a vágásforduló kezdetére, hanem az aktuális korra számítja ki. Ebben az eljárásban a korszaki hozamok és ráfordítások összegzése az aktuális kortól induló, egy vágáskornyi korszakra történik a korszak végére tőkésítéssel. A korszaki jövedelmet örökös korszaki járadékként felfogva történik annak tőkésítése, amely így az aktuális korra fog vonatkozni. A faállomány

korának változásával a korszaki járadék számításának időkerete mindig eltolódik, egyúttal a korszaki járadék mértéke is változik, változtatva az erdőtalaj értékét.

Héjj Botond és Vörös Istvánné (1983) olyan felmérést és értékelési módszert közölnek, amelynek alapelve, hogy az erdők rekreációs szolgáltatásainak értéke a látogatások számával és a rekreációs szolgáltatás minőségével arányos, értékét pedig a rekreációra fordított össz-társadalmi költséggel azonosítják, így az utazási, étkezési és szállás költségekkel, valamint az üdülőerdők fenntartási és elszalasztott lehetőség (pl.: fakitermelési korlátozása) költségeivel teszik egyenlővé. Látogatói létszámmérések, a költségkalkulációk és a rekreációs területek értékelése alapján a teljes éves rekreációs értéket meghatározták és elemezték annak térbeli eloszlását, azonosították a legjelentősebb értéket képviselő területeit.

Összefoglalás

A tudatos erdőgazdálkodás többszázéves európai ismereteit és módszereit az hozta létre, hogy az ipari fejlődéssel egyre növekedett a faigény és egyre több erdő vált elérhetővé a terjeszkedő infrastruktúrán keresztül. Ugyanezen jelenségek Magyarországon is lezajlottak, de jelentős késéssel, ezért a szaktudás jelentős része a külföldi szakirodalomból és külföldi szakemberek által érkezett hazánkba. A bemutatott gazdasági és erdőszetpolitikai magyar nyelvű munkák is arról tanúskodnak, hogy főként a német nyelvterületről származó ismereteket adaptálták a magyarországi gazdasági és jogi viszonyok közé.

Az erdőgazdálkodási ágazattal foglalkozó írások elsődleges célja olyan helyzetfeltárás készítése, amely rávilágít a fejlesztendő területekre, jellemzően a jogi szabályozás és a hatósági ellenőrzések hiányára, valamint a pazarló erőforrás-felhasználásra. Mindezek összességét egyes munkákban erdőszeti politikának, erdőgazdaság politikának, másokban közgazdaságtannak nevezték, de mindenütt a közjó magasabb szintű szolgálatát jelölték meg alapvető célnak.

Az elnevezések és a mögöttük húzódó tartalom nem mindig hozható teljes összefüggésbe. Bár az erdők többféle hasznai, illetve az erdők kiirtásából származó környezeti károk és a visszaható – akár birodalmakat megsemmisítő – következményeik történelmi példái mindig ismertek voltak, az erdők sokféle hasznai közül nem mindegyikre esett ugyanakkora súly. Részben azért, mert az erők szolgáltatásai iránti kereslet, valamint a kínálat (szűkösség) időben változott, másrészt azért is, mert az erdőszeti politika eszköztára az egyes korokban nem volt azonos, így azokra a területekre jutott nagyobb figyelem, amelyeken az eszköztár nagyobb beavatkozási lehetőséget biztosított. Ez utóbbira példa, hogy a 19. században az állami (kincstári) tulajdon mindössze 15% mértékű volt, így leginkább jogi szabályozással lehetett a közérdeket érvényesíteni, ezzel szemben a szocializmusban az állami tulajdon is jelentős volt (75%), valamint az ágazat működésének szabályozására nagyon erős központosított mechanizmusok álltak rendelkezésre.

A 19. és a 20. század első felében az erdőszeti politika fő célja az erdővagyon megőrzése, a természeti értékek védelme és faállományok minőségének emelése volt, amit megnehezítettek a rendkívüli események, mint például a háborúk, forradalmak és gazdasági válságok,

amelyek során a lakosság tűzifa ellátása és az újjáépítések miatti faanyagszükséglet kielégítése állt a célhierarchia első helyén.

A gazdasági teljesítmény és hatékonyság fokozása mellett számos munkában előkerült az erdők nem anyagi szolgáltatásainak megemlítése vagy jelentőségének részletezése, és a célirányosan ennek a témakörnek szentelt munkák alapján azt is állíthatjuk, hogy a védelmi, szabályozó és közjóléti funkciók beépültek a kor szakmai gondolkodásába, az ezekkel kapcsolatos szempontok foglalkoztatták a kutatókat.

A történeti visszatekintés alapján megállapíthatjuk, hogy az erdészeti politika szemléletének fejlődésében nem fedezhető fel olyan egyértelmű lineáris időbeli átalakulás, mint amit általában feltételezünk a faellátástól a természetvédelmi szempontokon át a rekreációs és az elvontabb kulturális szolgáltatásokig. Ezzel ellentétben, az erdők védelmi feladatait, az élő környezetben elfoglalt fontos szerepüket, az élettelen környezeti elemekre gyakorolt szabályozó hatásukat, és az ember jó közérzetéhez való hozzájárulásukat felismerték, azoknak jelentőséget tulajdonítottak, és az erdészeti ágazatról kialakított fejlesztési elképzelésekben szempontként figyelembe vették.

E kérdés értékelésében egy másik szempont lehet, hogy a felismerés mellett e szempontok megjelennek-e a szabályozási környezetben, harmadik szempontként pedig azt is értékelhetnénk, hogy az erdők állapota és szolgáltatásai miként változtak az egyes időszakokban. Ezen kérdések megválaszolása nem feladata e tanulmánynak, de azt megállapíthatjuk, hogy

- az erdők állapotára elsősorban a nagy válságok és a nyomukban fellépő gazdasági kényszerhelyzetek gyakorolták a legnagyobb negatív hatásokat,
- az erdészeti politikai intézkedésekkel ezeket rövid távon nem lehetett megakadályozni,
- több évtizedes időtávon azonban sikerült az erdők állapotát javítani, a többcélú és tartamos használat feltételeit egyre nagyobb mértékben megteremteni,
- az erdészeti politika célkitűzései visszatükrözték az adott kor gazdasági és társadalmi igényeit.

Az erdőértékelés területén az erdészeti politikához képest némileg fordított képet látunk, hiszen itt időbeli lineáris fejlődés mutatható ki. Az erdők pénzügyi értékeléséhez szükséges elméleti alapokat viszonylag korán, a 19. század végére egy koherens rendszerben lefektetik. Ezeket az ismereteket évtizedekig alig változtatva oktatják és alkalmazzák, módszertani fejlesztés sokáig nem volt tapasztalható. A szocialista időszakban megpróbálták az erdőértékelés rendszerét a marxizmus gazdaságfelfogásával összeegyeztetni, de ez a munka végül nem zárul le. Ugyanakkor az erdők védelmi és közjóléti feladatainak értékelését az 1960–70-es évektől kezdve egyre nagyobb mértékben fejlesztették, és különösen a rekreációs funkciók értékelési eljárásaival a gyakorlatban is végrehajtott országos értékelésig jutottak.

Irodalom

- Bakkay L., Barlai E., Káldy J., Zágoni I., Balassa Gy. és Babos I. 1964: Erdészeti-Vadászati-Faipari Lexikon. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Barlai E. 1946: Erdőgazdaság-politikai irányelvek. Magyar Állami Erdőgazdasági Üzemek, Budapest.
- Bedő A. 1896: A magyar állam erdőségeinek gazdasági és kereskedelmi leírása. Budapest.
- Beivinkler K. 1861: Útmutatás az erdőérték kiszámítására gyakorlati példákkal. Pest.
- Erdődi A. 1866: Közgazdasági eszmetöredék az erdészet köréből. Pest.
- Fekete L. 1892: Erdőértékszámítástan. Joerges, Selmechánya.
- Fekete L. 1900: Erdészeti nyereségszámítástan. Joerges, Selmechánya.
- Fekete Z. 1931: Pótlások a faállomány és az erdőtőke nyereségszámításának elméletéhez. Erdészeti Kísérletek 33(3–4): 179–189.
- Halász A. (szerk.) 1960: Erdőgazdaságunk, faiparunk és faellátásunk helyzete és fejlődése 1920–1958-ig. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.
- Halász A. (szerk.) 1966: Faellátásunk helyzete és fejlődése. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest.
- Halász A. (szerk.) 1994: A magyar erdészet 70 éve számokban. FM Erdőrendezési Szolgálat, Budapest.
- Halász A. 2003: Faárrendszerünk és az erdőművelés finanszírozási rendszerének történeti áttekintése 1949–1990. Erdészettörténeti Közlemények 59.
- Halász A., Keresztesi B., Madas A. és Szenes A. 1973: Beszámoló a Hetedik Erdészeti Világkongresszusról I-II. Erdészeti Műszaki és Szervezési Iroda, Budapest.
- Héjj B. és Vörös I.-né 1983: Az erdő üdülési értékének meghatározása. Erdészeti Tudományos Intézet, Budapest.
- Illyés B. 1990: Az erdőértékelés elméletének továbbfejlesztése. Erdészeti Kutatások 82(1): 153–165.
- Kaán K. 1904: Faértékesítésünk és gazdasági érdekeink a hegyvidéken. Pátria, Budapest.
- Kaán K. 1920: Erdőgazdaság-politikai kérdések. Budapest.
- Kaán K. 1923: Erdőgazdasági problémák és azok megoldása. Budapest.
- Keleti K. 1871: Hazánk és népe a közgazdaság és a társadalmi statisztika szemszögéből. Athenaeum Kiadó, Pest.
- Keresztesi B. 1971 (szerk.): Magyar erdők. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Keresztesi B. 1982 (szerk.): Magyar erdészet. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Kulcsár V. 1958: Az erdőértékszámítástan jelentősége a szocialista erdőgazdaságban. Az Erdő 93(8): 297–300.
- Kulcsár V. 1960: Az erdőállomány értéke megállapításának módszerei a szocialista gazdasági viszonyok között. Az Erdő 95(5): 175–181.
- Lesenyi F. 1936: A magyar erdőgazdaság története és mai helyzete. Budapest.
- Lett B. 1998: Az erdőgazdálkodás finanszírozása. In: Solymos R. (szerk.): Erdő-, Vad- és Fagazdaság. Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya, Budapest.
- Madas A. 1978: Erdészeti politika. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Márkus L. 1975: Az erdő funkcióinak értékelése. In: Keresztesi B. és Márkus L.: A fagazdaság ökonómiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 34–60. o.
- Márkus L. 1986: Erdőértékelés és eredményszámítás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

- Márkus L. és Mészáros K.: Erdőérték-számítás. Az erdőértékelés alapjai. Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Mérei K. 1862: Az erdők jelentősége a természet nagyszerű háztartásában. Erdőszeti Lapok 1(1): 1–14.
- Mihálffy E. 1886: Az erdő és közgazdasági jelentősége. Pécssett.
- Pálinkás A. 1939: A fa közgazdasága. Budapest.
- Somkuti, E. 1982: Vizsgálatok az erdőérték-számítás körében, Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények, 1982(1) 25-40
- Speer N., Elekes I. és Tusa G. 1971: Fagazdálkodási politikánk néhány kérdése. Hungexpo, Budapest.
- Véssei F. 1939: A tűzifa árkérdése 1939. év tavaszán. Budapest.

History of forest policy and forest valuation research in Hungary

The history of forest policy and forest valuation research has a century-long tradition in Hungary. The analysis of these fields revealed that while forest valuation shows a linear development pattern, forest policy has no such characteristics. Methods for valuing production functions of forest had been laid down by the end of the 20th century. Later, attempts were made to introduce methodological improvements in accordance with socialist ideology, but it ended with no results. New solutions were used in the evaluation of forest soils and in the evaluation of immaterial services of forests, especially in the monetary expression of the value of recreational services. In contrast, forestry policy specialists have recognized and considered the principles of sustainable and multi-purpose use of forests from the outset, with only shifts in emphasis appropriate to the actual challenges and opportunities of each age.

A KÖTET SZERZŐI

Bach István

SAPORO FOREST Kft.

Bartha Dénes

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

Benke Attila

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Nemesítési Osztály

Berki Imre

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

Bidló András

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

Bordács Sándor

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

Borovics Attila

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Nemesítési Osztály

Cseke Klára

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Nemesítési Osztály

Csépányi Péter

Pilisi Parkerdő Zrt.

Csiszár Ágnes

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

Csóka György

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Erdővédelmi Osztály

Frank Norbert

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

Führer Ernő

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály

Gál János

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

Gálos Borbála

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

Gerely Ferenc

nyugalmazott szakértő

Gribovszki Zoltán

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

Heil Bálint

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

Hirka Anikó

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Erdővédelmi Osztály

Horváth Attila László

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

Horváth Béla

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

Horváth Tamás

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

Illés Gábor

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály

Jagodics Anikó

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály

Kalicz Péter

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

Keserű Zsolt

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ültetvényszerű Fatermesztési Osztály

Kollár Tamás

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály

Kolozs László

Nemzeti Földügyi Központ, Erdészeti Főosztály

Koltay András

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Erdővédelmi Osztály

Konkoly-Gyuró Éva

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

Kottek Péter

Nemzeti Földügyi Központ, Erdészeti Főosztály

Kucsara Mihály

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

Lakatos Ferenc

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

Lett Béla

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

Major Tamás

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

Mátyás Csaba

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

Mészáros Ilona

Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar, Növénytani Tanszék

Móricz Norbert

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály

Nagy Imre

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökonómiai Osztály

Nagy Kinga

Nemzeti Földügyi Központ, Erdészeti Főosztály

Nagy László

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Nemesítési Osztály

Ódor Péter

Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet

Péterfalvi József

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

Primusz Péter

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

Rásó János

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ültetvényyszerű Fatermesztési Osztály

Rédei Károly

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar

Schiberna Endre

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökonómiai Osztály

Standovár Tibor

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Biológiai Intézet

Szakálosné Máttyás Katalin

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

Szmorad Ferenc

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Biológiai Intézet

Tímár Gábor

Nemzeti Földügyi Központ, Közép-Magyarországi Erdőtervezési Osztály

Tóth Viktória

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

Tuba Katalin

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

Ujváriné Jármay Éva

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Nemesítési Osztály

Veperdi Gábor

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

Vidóczi Henriett

SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt.

Vig Péter

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

Winkler Dániel

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet

A Magyar Tudományos Akadémia Erdészeti Tudományos Bizottsága három nagy szakterületet (erdészettudomány, faanyagtudomány, vadbiológia) fog át, melyek között szoros kapcsolat fedezhető fel. Ez a három kötetből álló áttekintés – melynek első, a szűkebben vett erdészettudományt taglaló kötetét tartja kezében a tisztelt Olvasó – kísérlet a három szakterület kutatási eredményeinek, sikereinek és kudarcainak, feladatainak áttekintésére múlt-jelen-jövő bontásban. Tényszerű, forrásjellegű művet kívánunk közreadni, amely a korábbi kutatási eredményeket az eltelt idő távlatából értékeli, áttekinti a jelenlegi helyzetet, illetve egyfajta előre vetítést is megkísérel az egyes szakterületek várható hazai és nemzetközi tendenciáira vonatkozóan.

Az erdészettudomány – miként maga az erdő is – nagyszámú összetevőből épül fel, így meglehetősen komplex és sokszínű. A teljesség igényével még csak felsorolni is nehéz lenne azokat a tudományágakat – a mikrobiológiától a szociológiáig – amik különböző módon és mértékben „résztvevői” ennek a nagymúltú tudományterületnek. Jelen tanulmánykötet tucatnyi főbb – részben jól elkülönülő, máskor egymáshoz sok szállal kötődő – diszciplínát kiemelve igyekszik bemutatni azokat a régre visszanyúló és szerteágazó kutatásokat, amik a mai erdészeti tudományok alap- és építőköveit jelentik.

A kötet szerkesztői

