

A klímaváltozáshoz alkalmazkodó erdőgazdálkodás kihívásai – VI.

A célállományrendszer aktualizálása a döntéstámogató rendszerben

A fafajválasztást támogató segédlet átdolgozásának szükségessége

– *Bidló András, Führe Ernő, Mátyás Csaba* –

A nagyarányú erdőtelepítésekkel közel egy időben, a termőhelyfeltárás fejlődésével együtt, 1970-ben jelent meg először *Az egyes termőhelytípusokon alkalmazható célállományok és azok várható növekedése*, gyakran használt nevén „Járó-tábla”, amely Járó Zoltán vezetésével, számos szakember közreműködésével készült.

Első megjelenése óta a táblázat többször átdolgozták és kiegészítették, legutoljára 2005-ben (ÁESz 2005), de lényege nem változott: egy olyan segédlet jött létre, amely a termőhely fő paraméterein alapján tesz javaslatot a fafajválasztásra.

A táblázat csak a gyakoribb termőhelytípus-változatokra készült el, hiszen ezekről állt rendelkezésre megfelelő szakmai tapasztalat. Az időközi klimatikus és hidrológiai változások miatt azonban olyan új termőhelytípus-változatok jönnek létre, amelyekre a korábbi táblázatok nem adnak meg fajtajavaslatot. Az új változatok nagy része a klíma „eltolódásából” adódik, ami azt jelenti, hogy olyan talajtípusok kerülnek egy-egy erdészeti klímaosztályba, amelyek korábban az adott klímában nem voltak jelen.

Teljesen új helyzetet idéznek elő az eddigi négy klímaosztály mellett megjelenő sztyep klímaosztály termőhelyi viszonyai, melyek erdészeti megítélésére jelenleg hiányoznak a tapasztalatok. A döntéstámogató rendszer fontos

célja, hogy ezen „új” termőhely-kombinációkra is tegyen javaslatot.

Az átdolgozásra többféle lehetőség kínálkozik. Közvetlen tapasztalati megközelítések a szakértői becslés, továbbá az erdőállapot, a mortalitás elemzése főleg a szárazsági határ közelében. Modellezést vesz igénybe az erdőtervi adatok elemzése, a gépi tanulás alapú extrapoláció, illetve az alkalmazkodóképesség vizsgálata származási kísérletek adataiból. Az eDTR adatbázisa létrehozásához minden megközelítést fel kell használnunk, a továbbiakban röviden ismertetjük ezeket.

A célállományrendszer kiegészítése tapasztalati úton, szakértői becsléssel

– *Bidló András* –

A meglévő célállományrendszert a genetikai talajtípusok tulajdonságainak ismeretében egészítettük ki az új termőhelytípus-változatok fajtajavaslatával. Természetesen figyelembe vettük az egyes fajok termőhelyi igényét és jelenlegi előfordulását. Terepi tapasztalatok hiányában nehezebb dolgunk volt az újonnan megjelenő sztyep klímával.

Feltételeztük, hogy az erdőssztyepklímában megfelelő növekedésű fajok a sztyep klímában kedvező talajviszonyok mellett (pl. legalább közep-mély termőréteg, vályog fizikai féleség) is képesek növekedni, bár a romló klímában növekedésük is gyengébb lesz.

Kedvezőtlen talajtani körülmények között (pl. sekély termőréteg, homok) véleményünk szerint sztyep klímában a hazai őshonos fajok közül egyik sem mutat megfelelő növekedést, így alkalmazásukat nem javasol-

juk. A sztyephatár közelében az eddig ritkán vagy egyáltalán nem szereplő elegyfajok szerepe várhatóan növekedni fog, erre a javaslatok kidolgozásánál tekintettel voltunk.

Ugyancsak új problémaként jelentkezik a gazdálkodási határ meghúzása, a fajok elterjedésének alsó (szárazsági) szegélyén, ahol az ökológiai kockázatok, illetve a faállomány öngyérülése, kiritkulása erdészeti szempontból a gazdálkodás beszüntetésével jár.

Fafajhatár, elegyfajok figyelembevétele a szárazsági határon: tapasztalatok kocsánytalan tölgyesekben

– *Berki Imre* –

A fajok elterjedésének alsó – szárazsági – szegélyén a termőhelyi feltételekkel összefüggő gazdálkodási határ ott húzódik, ahol az állományban a *fapusztulás miatti egyedszámhiány* erdészeti szempontból már fenntarthatatlan helyzetet teremt.

Kocsánytalan tölgyesekben a fatermési táblához viszonyított kb. 50%-os relatív egyedszámhiány tekintünk hátrésetnek. Az egyedszámhiány szoros összefüggést mutat a klímával (*Berki 2017*; további részletek a hivatkozott cikkben található).

Bár hasonló összefüggés a felsőmagasságra is kimutatható, a faállomány extrém száraz időszakok okozta kigyérülését az egyedszámhiány jellemzi megbízhatóan. Kigyérülő erdeinkben ezért a hektáronkénti fatömeget nem lehet csak a magasság, illetve átmérő alapján fatermési táblából becsülni, tekintetbe kell venni a lecsökkent hektáronkénti törzsszámot. Kétségtelen, hogy eredményes gazdálkodás akkor tartható fenn, ha kellő törzsszámmal éri meg az állomány a vágásérettséget.

Emellett egy adott faj jövőbeni fennmaradásában jobban bízhatunk azokon a termőhelyeken, ahol ma is tapasztaljuk természetes felújulását.

* Dr. Bidló András int. ig. egyetemi tanár, SOE
Dr. Mátyás Csaba aks., ny. egy. tanár, SOE
Dr. Berki Imre tszv. egyetemi docens, SOE
Dr. Führe Ernő tud. tanácsadó, NAIK ERTI
Dr. Illés Gábor kut. igazgató h., NAIK ERTI
Dr. Czímber Kornél egyetemi docens, SOE
Dr. Csóka György tud. tanácsadó, NAIK ERTI

Humuszmenyiség	Kémhatás		
	erősen savanyú	gyengén savanyú	semleges
Cseres-tölgyes			
erősen humuszos		kocsánytalan tölgy, nagylevelű hárs, kislevelű hárs, molyhos tölgy, magas kőrís, csertölgy, kocsányos tölgy, mezei juhar	
közepesen humuszos	kocsánytalan tölgy		
gyengén humuszos			
Erdőssztyep			
erősen humuszos		kocsánytalan tölgy, kocsányos tölgy	
közepesen humuszos	kislevelű hárs	csertölgy, korai juhar, mezei juhar	molyhos tölgy
gyengén humuszos	kocsánytalan tölgy		
Sztyep			
erősen humuszos		virágos kőrís, molyhos tölgy, korai juhar, mezei juhar	
közepesen humuszos			
gyengén humuszos			

1. ábra Előzetes becslés a száraz klímátípusokban várhatóan jelen levő fajafajokról századunk második felében (Berki I.)

Több száz kocsánytalan tölgyes vizsgálatának egyik tapasztalata, hogy – a számottevően savas kémhatású termőhelyeket kivéve – a szárazodás jelentősen lecsökkentette a természetes felújulás esélyét.

Vizsgáltuk, hogy a száraz klímában kigyérülő tölgyesekben mely *szárazságtűrő elegyfajok* nőnek fel a lombkoronaszintbe. Tapasztalataink szerint a szárazodás fokozódásával egyre inkább felértékelődő elegyfajok fokozottabban érzékenyek a tápelem-ellátottságra, de még a kémhatásra is, mint a gyengülő vitalitású főfafajaink. Az 1. ábrán a klímaosztály, a humusztartalom és a talajkémhatás függvényében adunk *előzetes becslést* hazánk száraz klímátípusain századunk második felében alkalmazható fajafajokról. A táblázatban foglaltak beépítésre kerülnek az eDTR megfelelő adatbázisába, és növelik az elegyítésre javasolt fajok körét.

Erdőtervi adatok elemzése és azok tapasztalatai

– Illés Gábor –

Adott termőhelyen a természetű fajafajok növekedése, fatermőképessége becsléséhez kézenfekvő az Erdőállomány Adattár, illetve az erdőtervek felhasználása. Felmerül a kérdés: miért van szükség a fatermőképesség becslésére ökológiai segédváltozók (pl. termőrétegmélység) felhasználásával, ha rendelkezünk egy célállomány-táblázattal?

Egyfelől azért, mert a faállományok növekedése az elemzések tanúsága szerint igen nagy szórást mutat a ter-

mőhelyi paraméterek függvényében, és nemhogy az öt termőhelyi paraméterünkkel, de nagyszámú változóval is igen nehéz pontosan meghatározni. Ez az oka annak, hogy a jelenlegi szakmai ajánlás (a célállomány-táblázat) „csak” arra vállalkozhatott, hogy fatermési csoportokat adjon meg. (Megjegyzendő, hogy ez a „csak” is nagy teljesítmény a rendelkezésre álló lehetőségek mellett.) Másrészt csak megfigyeléseken alapuló tapasztalati modellekkel lehet megbecsülni a fatermőképességben várható változások irányát és mértékét (Illés – Fonyó 2016).

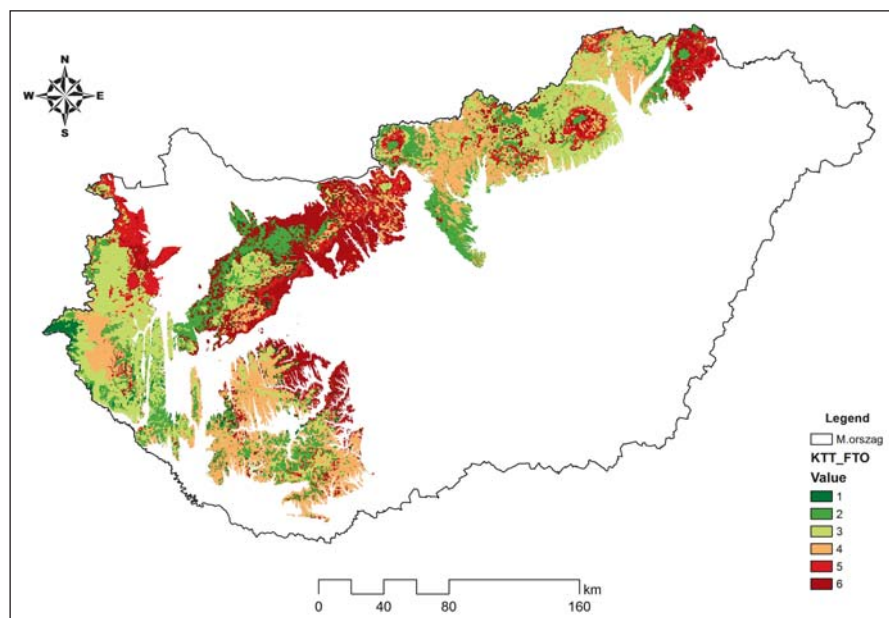
Munkánk során két irányból közelítettük a kérdést: (1) Tegyük folytonossá és generalizáljuk a célállomány-táb-

látatot mint a fajafajválasztás kiindulását gépi tanulási módszerekkel; (2) próbáljunk meg a legszélesebb tapasztalati alapon rendelkezésre álló, standardizált módszerekkel feldolgozott, rendszeres terepi adatgyűjtésből építkező adatbázisból, és az adattári információkkal becslést adni a fatermőképesség és a termőhely (többek között a klíma) kapcsolatára.

A vizsgálatban a hat legnagyobb területfoglalású fajafaj növekedésének termőhelyi összefüggését kíséreltük meg robusztus modellel leírni. A vizsgált fajafajok az akác, a bükk, a csertölgy, az erdeifenyő, a kocsányos és a kocsánytalan tölgy voltak. (A feketeifenyő és a nyárak eltérő okokból nem szolgáltatnak megfelelő eredményt.)

Az ökológiai segédváltozók között az erdészeti gyakorlatban használt paramétereken túl még számos, a termőhellyel és a klímával összefüggő változót használtunk. Célunk a fatermési osztály becslése volt fajafajonként. Az eredményeket több száz, esetenként több ezer független adattári mintán és FNM pontokon teszteltük.

A kontrollként használt FNM-pontokhoz képest az elért becslési pontosság ± 1 fatermési osztályon belül, a lombos fajok esetében 55% (A), 74% (KST), 75% (KTT), 76% (B), illetve 84% (CS), az erdeifenyő esetében 78% volt. A kocsánytalan tölgy fatermési osztály modelljéből származtatott térkép látható a 2. ábrán. A kapott eredmények ígéretesek. Jelenleg a munka nagy része a fatermési osztály eltolódásainak becslésére fókuszál.



2. ábra A kocsánytalan tölgy modellezett fatermési osztály térképe jelenlegi klímaállapot szerint, négy erdészeti tájcsoporthoz, 150 m tengerszint felett (Illés G.)

Fafaj és fatermőképesség előrebecslése gépi tanulással, a célállománytáblák felhasználásával

– Czimmer Kornél –

Az Agrárklíma.2 (VKSz-12-1-2013-0034 számú) projekt döntéstámogató rendszerének (eDTR) egyik legfontosabb célkitűzése az integrált geoinformatikai és klímamodellek adatai alapján becslést szolgáltatni az alkalmazható célállományokra és azok növekedésére, több jövőbeni időszakra. A feladat megoldásához a jelenleg használatos célállomány-táblázatot vettük alapul (3. ábra), amely termőhelytípus-változatokként tartalmazza az alkalmazható célállományokat, a főfafajokat és azok növekedését, valamint az elegyfajokat.

A módszer fejlesztésénél számos kihívásnak kellett megfelelni. A geoadatok integrációja több problémát felvetett. A jövőbeni időszak klímáját előrejelző 12 regionális klímamodell adatait a jóval finomabb felbontású múltbeli klímaadatokkal kellett összehangolni és javítani. Kísérletek folynak a klímaadatok javítására a domborzat és kitétség alapján, mivel a múltbeli modellek felbontása 10 km, a jövőbeni modelleké közelítőleg 25 km-es. A termőhelytípus-változatok talaj- és hidrológiai adatait is több forrásból pontosítottuk (NAIK ERTI talajadatbázis, talajvízadatok, evapotranspirációs adatok). A módszer geoadatokat, és a célállománytábla mintegy 5 ezer termőhelytípus-változat fafaj- és növekedés-bejegyzését használja fel a jövőbeni erdőtelepítési és erdőfelújítási döntések támogatásához.

A klímaváltozás számos olyan új termőhelytípus-változatot eredményez, amelyek az eddigi célállománytáblában nem szerepeltek. A hiányok kitöltésére kidolgoztunk egy gépi tanulási módszert, amely a táblák adataiból indul ki, azok adataiból tanul, és a tanulási folyamat végén fafaj- és növekedésbecslést ad (5. ábra).

Elsőként megpróbáltuk valamennyi termőhelytípus-változati tényezőt mennyiségi értékekre váltani. A klímaosztály esetében a FAI index-szel, a termőréteg-vastagság esetében a konkrét mélységgel, a fizikai talajféleség és genetikai talajtípusnál a víztartó képességgel helyettesítettük a kategóriákat. A hidrológiai viszonyokat tekintve első körben csak a többletvízhatástól független termőhelyekkel foglalkoztunk. A jó-közepes-gyenge növekedés

Gyertyános-tölgyes klíma

11 Sziklás-köves váztalaj SZV				Célállomány főfafaja és növekedése:	Elegyfajok:	Megjegyzés:
TVFLN	ISE SE	TÖ	isz			
Természetes erdőtürsülés-csoport:				KTT	gy	MJ
SZI-E				CS	gy	MSZ
				MK	gy	VK
				H	gy	BE
				EF	gy	

3. ábra A célállománytábla részlete egy termőhelytípus-változatra (Czimmer K.)

rendre 3, 2, 1 értékekkel helyettesítettük. Ahol a Járó-táblában egy célállomány növekedésénél két kategória is szerepel, ott az átlagértéket használtunk (1,5 és 2,5).

A gépi tanulási módszer a kvantifikált adatok alapján egy ötdimenziós termőhelytípus-változat-térben keresi a legközelebbi 5 célállományt, és távolságkernelek segítségével súlyozza azok növekedését:

$$f_c(T) = \sum_{i=1}^p \sum_{t=1}^5 n_{ci} e^{q_i(T_i - J_{ci})},$$

$$w_c(T) = \sum_{i=1}^p \sum_{t=1}^5 e^{q_i(T_i - J_{ci})},$$

$$k_c(T) = \frac{f_c(T)}{w_c(T)} \left(1 - e^{-r f_c(T) w_c(T)^2} \right),$$

ahol: T = termőhely vektor; c = célállomány; i, t = index; n = növedék; p, q, r = konstans; J = Járó-táblázat.

Távolságkernelnek a Gauss-kernel választottuk. A módszer célállományonként súlyoz, és csak a tanításra használt adatsoroktól való távolságszámítás és súlyozás után választja ki a legközelebbi öt célállományt. Ha a célállomány normalizált távolsága a termőhelytípus-változat-térben egy adott küszöbértéken kívül van, vagy ha a célállomány számított növekedése egy másik küszöbérték-

nél kisebb, akkor ez a célállomány nem szerepel a kimeneti adatsorban.

Mivel a célállománytábla csak ott tartalmaz bejegyzést, ahol egy fafaj erdészeti szempontból javasolt (például bükk fafaj csak bükkös klímában szerepel), ezért az interpolált 5 változós felületet korrigálni kellett a távolságfüggvénnyel, hogy a hiányzó adatok esetében a felület a nulla növekedéshez közelítsen (4. ábra).



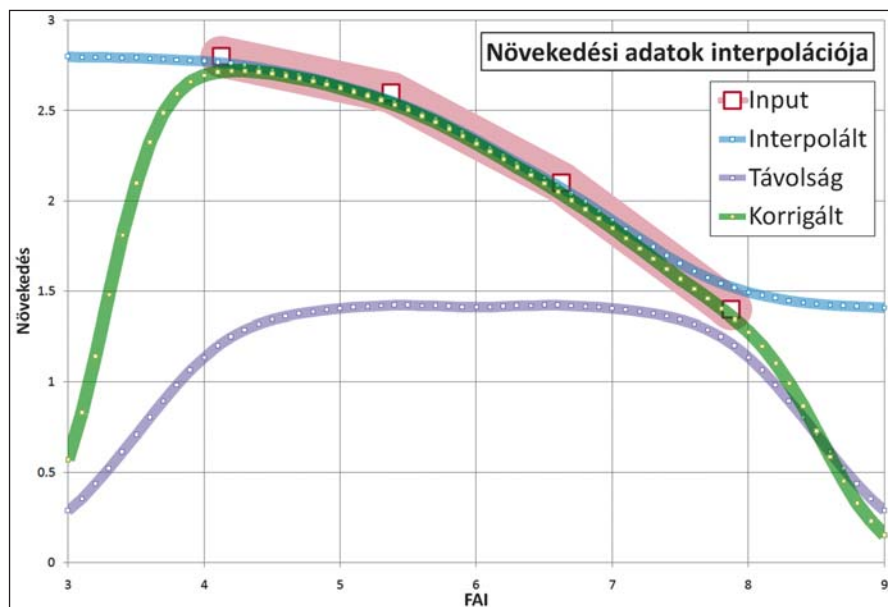
Szárazsági stressz teszt (fotó: Eredics A.)

A módszer kimenete egy lista, minden erdészeti szempontból fontos, a jelenben és a jövőben valószínűsíthető termőhelytípus-változatra, amely tartalmazza a legközelebbi öt (vagy kevesebb) célállományt, azok várható számszerűsített növekedését, valamint egy egész számot, hogy a növedékbecslés hány közeli adatsor alapján történt (5. ábra).

A rendszert felkészítettük az ötödikként belépő sztyep klímára történő becslésekre is. Ehhez a fafajok egyes klímaosztályokra adott válaszgörbéiből indultunk ki, és a bevezetett korrekciós függvény segítségével extrapoláltuk

Helyreigazítás

Az Erdészeti Lapok 2017. októberi lapszámában megjelent A döntéstámogató rendszer (eDTR) ismertetése című vezércikk Hidrológia adatok alfejezet (309. oldal) szerzője nem a dr. Bidló A.–dr. Führer E.–Dr. Illés G. hármas, hanem a szakterület elismert kutatója, oktatója prof. dr. Gribovszki Zoltán. A technikai hibáért a szerző és az Olvasók megértését kérjük. (Nagy L.)



4. ábra Kocsánytalan tölgy növekedési adatok interpolációja egyetlen jellemző, a FAI alapján (kék), valamint korrigált interpolációja (zöld) a távolság (lila) segítségével (Czímber K.)

Hidro-lógia	Genetikai talajtípus	Termő-réteg	Fizikai talaj-féleség	B	GYT	CS-KTT	ESZTY	SZTY
TVFLEN	LHE	MÉ	H	KST 2.0 (4) FRNY 1.7 (3) KTT 2.3 (4) A 2.4 (4)	KST 1.9 (9) KTT 2.4 (7) FRNY 2.2 (7) A 2.5 (9) CS 2.0 (3)	KST 1.8 (12) FRNY 2.2 (10) KTT 2.4 (8) A 2.4 (10) CS 2.0 (4)	KST 1.7 (8) FRNY 2.2 (7) A 2.3 (6) KTT 2.3 (4)	KST 1.4 (3) FRNY 1.7 (3)
TVFLEN	LHE	MÉ	V	KST 2.6 (6) FRNY 2.3 (3) KTT 2.7 (4) B 2.7 (4) MK 2.0 (3)	KST 2.4 (13) FRNY 2.7 (7) KTT 2.7 (8) A 1.5 (1) MK 2.3 (4)	KST 2.2 (15) FRNY 2.8 (10) KTT 2.7 (9) A 2.3 (1) CS 2.5 (2)	KST 2.2 (10) FRNY 2.7 (7) KTT 2.7 (4) A 1.2 (1) NNY 2.6 (3)	KST 2.1 (4) FRNY 2.3 (3) NNY 1.4 (2)

5. ábra A gépi tanulási módszer kimenetének részlete (Czímber K.)

a növekedésértékeket. Ha az extrapoláció eredménye egy választott küszöbérték alatti (< 1), vagy a normalizált távolság túlságosan nagy, akkor azt a termőhelytípus-változatot erdősítésre alkalmatlannak tartja a módszer.

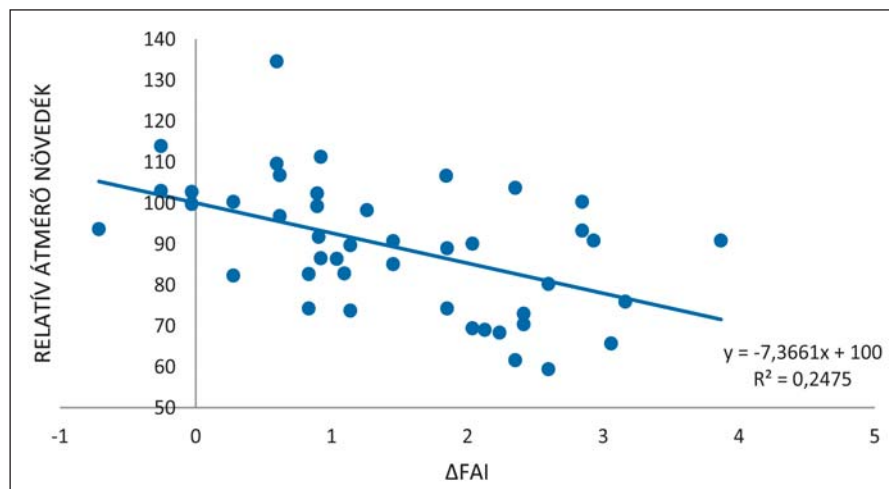
A célállománytábla bejegyzéseinek 50%-át tanításra, a másik 50%-ot pedig tesztelésre felhasználva a tanulási és növekedéscsökkentési módszer pontosságra a többletvízhatástól független termőhelyeken + 0,01 átlagos eltérést és 0,35 eltérésszórást kapunk, ami a 3, 2, 1 (jó-közepes-gyenge) értékeket figyelembe véve jónak mondható.

Az eljárás fejlesztése több körben történt az egyes kimeneti adatsorok részletes elemzése alapján. A jelenlegi verzió pontosítása további szakértői ellenőrzést igényel. Különösen a fajokonkénti küszöbértékek igényelnek alapos elemzést. A kifejlesztett táblázatot, az egyes fajok termőhelyi igényének részletes ismeretében, termőhelytípus-változatokként a terepi tapasztalatok figyelembevételével validálni kell, és csak így válik alkalmazhatóvá a gyakorlatban.

Az alkalmazkodóképesség modellezése származási kísérletekben

– Máttyás Csaba –

A gyors klimatikus változások miatt fontos, hogy megismerjük fajajaink



6. ábra Az alkalmazkodottság gyengülése okozta növekedéscsökkenés 15 éves bükkpopulációk átmérőjének százalékos változása alapján, a ΔFAI értékkel kifejezett klímaváltozás függvényében (Horváth – Máttyás 2014)

genetikai alkalmazkodóképességét. Ehhez konkrét adatokat csak a származási kísérletek tudnak szolgáltatni. A klímaváltozásra adott reakciót a populációk különböző klimatikus környezetbe áttelepítésével szimuláljuk. Azonos populációk több helyszínen történő megfigyeléséből megbecsülhető a klímaváltozás következtében fellépő növekedéscsökkenés.

Példaként a Zala megyei Bucsutai-bükk-kísérletben 28 származási adatából meghatározott növekedéscsökkenés mértékét mutatjuk be a FAI-index változásának mértékében (6. ábra). A szimulált klímaváltozás mértékét az áttelepítéssel előidézett klímaváltozásra számított FAI-indexek különbsége (ΔFAI) adja meg.

A szárazodás irányában mért növekedéscsökkenés monoton csökkenő lineáris regresszióval írható le (a trend exponenciális, de az adott kísérletben ehhez nincs elegendő adat; Horváth – Máttyás 2014). Ezt az összefüggést más fajokkal végzett vizsgálataink is megerősítik. Ki kell emelni, hogy a származási kísérleti adatok a „helyben maradt”, alkalmazkodott populációk hirtelen klímaváltozásra adott választát szimulálják. A különböző termőhelyeken, különböző klímában tenyésztő állományok adataiból számolt regresszió trendje az interpolált növekedési függvényekkel egybevetve (lásd a 4. ábrát) szembeötlő hasonlóságot mutat. Ezekkel párhuzamos trendet mutat be idézett cikkében Berki I. is az Erdészeti Lapok áprilisi számában (Berki 2017), ami mindhárom megközelítés eredményét megerősíti.

Elvárások és kétségek az eDTR használatával kapcsolatban

– Dr. Mátyás Csaba –

A tartamosság 300 éve megfogalmazott koncepciója óta a klímaváltozás a legnagyobb kihívás az erdőgazdálkodás számára. Szó szerint létkérdés a hosszú távú döntések megalapozottságának erősítése. Az eDTR előnye más hasonló rendszerekhez képest, hogy a gazdálkodást segítő konkrét adatokat szolgáltat (pl. „sérülékenységi” helyett fatermőképességet), ezek azonban csak döntést támogató információk lehetnek, a javaslatokat komoly bizonytalanság terheli. A bizonytalanság számos forrásból eredeztethető, ezek közül a fontosabbak a következők.

Bár ismertek a légköroceánban zajló folyamatok fizikális és légkörkémi törvényei, a nagyszámú, egymástól független tényező nem lineáris változásai miatt az előrejelzés bizonytalansága nagy, és természetesen az alkalmazott elméleti klímamodelltől is függ (ezért alkalmazzuk az eDTR esetében 12 modell átlagát).

Az éghajlat jövőbeni alakulása a globális emberi tevékenység, illetve a gazdasági folyamatok függvénye (széndioxid-kibocsátás, felszíni változások, pl. erdőterület csökkenése stb.). Az előreláthatóságot tovább rontja, hogy ezeket a folyamatokat politikai döntések befolyásolják (pl. a párizsi klímahatározatok melletti elkötelezettség). Az eDTR ezért az átlagos éghajlati előrejelzés mellett jelzi az optimistább, illetve pesszimistább forgatókönyvek elterjedését is.

Bármennyire is gyakorlatias a változások erdőrésszel szintű előrejelzése, a klímaváltozás hatásait a termőhely és faállomány összetétele, szerkezete lényegesen befolyásolhatja. Ezért elengedhetetlen az országos léptékű adatbázisok alapján kapott adatok ellenőrzése, pontosítása a helyi adottságok figyelembevételével.

Végül további bizonytalanságot rejt magában az érintett fajok viselkedése, változásokkal szembeni toleranciája, továbbá az egészségi állapotot befolyásoló ismert és még ismeretlen antagonisták szervezetek fellépése. Bár a termőhely-potenciál és a növekedés/fatérés összefüggései tapasztalati alapon eléggé ismertek (fatermési táblák), a részleges, illetve tömeges mortalitást kiváltó küszöbértékek alig vannak feltárva, holott ezek különösen az

erdőssztyep peremén és az újonnan megjelenő sztyep klíma hatáskörzetében okozhatnak nagyobb bizonytalanságot. Mint már korábban említésre került, az egyes fajok becsült fatermését a fajra meghatározott kockázati határig adjuk meg; állományaik elvileg ennél kedvezőtlenebb feltételek mellett is fenntarthatók lehetnek, gazdasági értékük azonban a fokozott kockázat miatt bizonytalan.

Kérdés, hogy egyáltalán érdemes-e konkrét javaslatokat tartalmazó döntéstámogató rendszert felépíteni ennyi bizonytalanság mellett. Az eDTR-ben a jelen pillanatban rendelkezésre álló klimatológiai, talajtani, faterméstani, fiziológiai, genetikai stb. ismereteket dolgoztuk fel; a nyitott rendszer lehetővé teszi minden újabb információ beépítését. Így a rendszer mindig az aktuális, elérhető ismeretek szintjén segítheti az erdőművelési döntéseket, ha a gazdálkodó is tisztában van a javaslatok kényszerű bizonytalanságával, és azt saját tapasztalataival, a termőhely minél pontosabb feltárásával egészíti ki. Az eDTR folyamatos felülvizsgálata továbbra is szükséges lesz, ehhez a rendszer moduláris felépítése minden lehetőséget megad.

* * *

A klímaváltozás „alattomos”, azaz következménye csak extrém esetekben nyilvánvaló, egyébként emberi észlelési léptékben lassan, áttételesen és idő-

eltolódással feje ki hatását. Ezért nehéz az alkalmazkodásról dönteni, hiszen nincsenek egybevezethető előzmények.

A döntéstámogató rendszer egyelőre elsősorban az erdőművelés legkritikusabb fázisára, az erdőfelújításra/erdőtelepítésre ad becslést és javaslatot. Nem feledkezhetünk meg arról, hogy a klímaváltozásra felkészülés mennyiségileg nagyobb feladatokat ad a meglévő, vágásérettségi kortól még távoli állományokban. A mesterséges beavatkozás és a természetes folyamatok érvényesülése közötti optimális egyensúly termőhelyre és fajra szabott erdőművelési feltételei ma még nincsenek kellően feltárva, de az eDTR-ben található klíma-előrevetítések ebben is irányt mutatnak.

Végül ismételtelen ki kell emelni, hogy az eDTR további fejlesztéséhez a biztos tudományos háttér mellett a gyakorlati szakemberek terepi tapasztalatainak folyamatos nyomkövetése elengedhetetlen.

Ehhez az is szükséges, hogy a helyi extrém események regisztrálása, valamint az erdőművelési munkák dokumentációja (pl. a felhasznált szaporítóanyag származása, eü. kitermelések mértéke stb.) minél több helyszínen lehetővé tegye a későbbi visszakeresést, értékelést.

Az eDTR széles körű bevezetése csak így lehet sikeres. Ehhez a miniszteriális szakvezetés részéről a fogadókészség teljes mértékben biztosított. Az eDTR bevezetésének jogi feltételei előkészítés alatt vannak, ezért sürgős feladat a fentiekben ismertetett eredmények „összefésülése” és a szakértői felülvizsgálat (validálás) végrehajtása.

Utószó: klímaváltozás és a nagyítótükör...

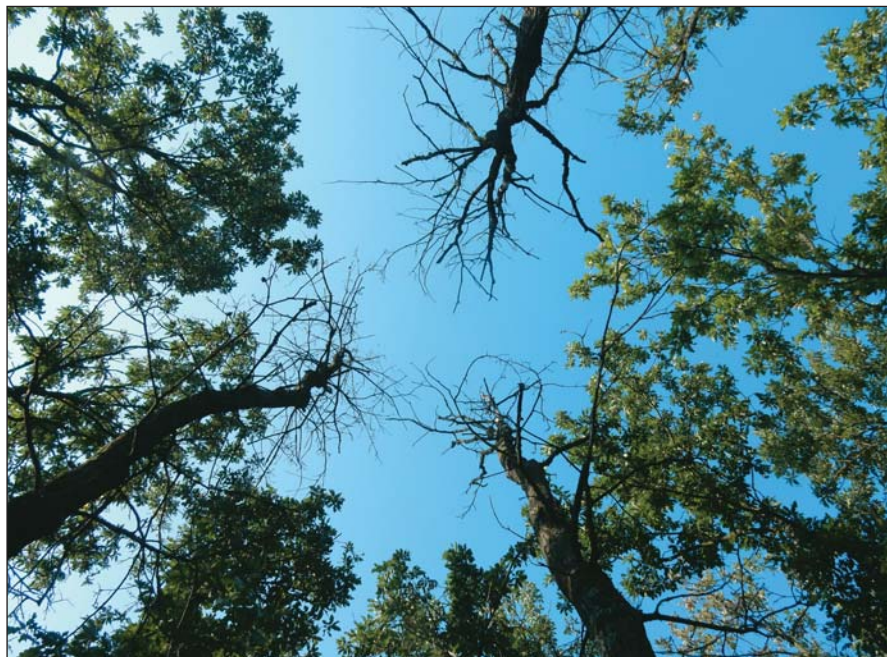
– Csóka György –

A klímaváltozás erdők egészségi állapotára gyakorolt negatív hatásait manapság nehéz nem észrevenni. Így van ez nemcsak Magyarországon, hanem világszerte is. Napról napra válnak ismertté újabb információk, amelyek erdeink jövőjét tekintve sajnos nem túl rózsás jövőképet vetítenek előre. Más kérdés, hogy még a töménytelen bizonyíték sem feltétlenül elegendő mindenki meggyőzésére.

A tudomány, a kutatók feladata a bizonyítékok feltárása és széles körű ismertetése, valamint előrejelzések, javaslatok megfogalmazása. Az Agrárklíma.2 projekt keretében készülő döntéstámo-

gató rendszer (eDTR) már maga is egy válasz a fenti kérdésre. A változó klímát alapul véve hol, milyen fajokban lehet gondolkodni úgy, hogy az erdőgazdálkodás jövőbeni kockázatait csökkentsük? A klímarezisztens szaporítóanyag szintén egy lehetséges válasz, vagyis honnan hozzunk szaporítóanyagot ahhoz, hogy őshonos fajokunk változatosságát, alkalmazkodóképességét javítsuk?

Fontos azonban megérteni, hogy nincsenek univerzális, mindentudó válaszok. Mert ahogyan a probléma, illetve a feltett kérdések is rendkívül sokfélék és összetettek, a válaszok sem igen lehetnek mások.



A *Biscogniauxia mediterranea* a cserpusztulás kórokozójaként korábban mediterrán tájakon volt ismert. Az utóbbi évtizedben Baranya és Veszprém megyében több helyen is tömeges pusztulást okozott, de az Északi-középhegység szárazabb csereseiben is. Az aszálystressz miatt legyengült, rovarkárosított, lombvesztett állományok fokozottan ki vannak téve a tömeges mortalitásnak. (Szöveg és kép: Csóka Gy.)

Első hallásra talán furcsának tűnő megközelítés, de talán nem haszontalan a klímaváltozást „homorú tükröknek” tekinteni. Ilyen tükrök vannak egyes szállodák fürdőszobájában. Gonosz egy szerkezet az ilyen tükrök, mert brutálisan felnagyítja az archív egyenetlenségeit, a szeplőket, a pattanásokat, ragyákat. Ugyanezt teszi a klímaváltozás az erdőgazdálkodással. Félreérthetetlenül egyértelművé teszi azokat a hibákat, amelyeket egykoron „normális klímában” észrevenni, sőt esetenként még sejteni sem nagyon lehetett. A klímaváltozás egyértelműen rámutat, hogy az erdőgazdálkodásban minek mi lesz a következménye. Ez ugyanakkor azt is jelenti, hogy a tenivalók meghatározásához is sok fontos és hasznos információ nyerhető a képzeletbeli nagyítótükör segítségével.

Hazai és nemzetközi kutatási eredmények egyaránt arra utalnak, hogy a finomabb léptékben is változatos állomány szerkezet (legyen szó bükkösről vagy tátrai lucosról) nagyban csökkenti az abiotikus károk (széldöntés, viharkárok) kockázatát.

Győrfi János professzor már hatvan éve leírta, hogy a rovargradációk kialakulásának és terjedésének egyik meghatározó oka erdeink elegyetlensége. Sok minden változott az elmúlt hat évtizedben, de ennek a megállapításnak az érvényessége aligha. Talán Győrfi János is egyetértene abban, hogy erdő-

védelmi szempontból fontos lenne elkülöníteni a „statisztikai” és a „funkcionális” elegyességet.

A statisztikai elegyesség néhány számot takar, amelyek megmutatják, hogy az adott térbeli egységben mely fafaj milyen részaránnyal van jelen. Egy 9 ha-os erdőrészlet „statisztikailag” akkor is elegyes, ha három fafaj három egybefüggő, egyenként három ha-os tömbben képviselteti magát benne.



Az amerikai származású tölgy csipkésposloska gyors terjeszkedést és látványos tömegszaporodást mutatott több közép- és délkelet-európai országban az utóbbi 3-4 évben. Bulgáriában 50 ezer, Horvátországban 60 ezer, Magyarországon eddig mintegy 5-6 ezer ha-on észlelték tömeges fellépését. A fotó a szlavóniai Vinkovci környékén készült a rovar által okozott korai (júliusi) lombhullásról. (Szöveg és kép: Csóka Gy.)

Funkcionális elegyességről viszont csak akkor beszélhetünk, ha az egyes fafajok sokkal finomabb térbeli mintázatban, és nem csak jelképes mennyiségben vannak jelen.

Az elegyesség három különböző (de sok szálon összefüggő) módon szolgálja az erdők egészségét. Csökkenti a táplálékkoncentrációt, ami a tömeges elszaporodás egyik alapvető mozgatórugója, legyen szó a kukoricagóróban tanyázó egerekről, szübogarakról, vagy éppen lombfogyasztó lepkékről.

Az elegyesség „sűrűbb szövésűvé” teszi a táplálkozási hálózatokat (pl. alternatív gazdaállatokat biztosít a ragadozóknak, parazitoidoknak), ami hatékonyabb önszabályozó képességet eredményez. Végül pedig a funkcionálisan elegyes erdőben az egész állományt érintő kockázatok eloszlanak. Egy-egy fafaj „balsorsa” (pl. súlyos járvány, végzetes rovardulás stb.) esetén az erdő továbbra is erdő marad. A kockázatelosztás különösen nagy jelentőségű a jövő környezeti bizonytalanságai miatt.

Ennek kapcsán érdemes talán egy kicsit közelebről is megnézni egy-egy kapcsolódó szakmai előírást. A jelenleg érvényes szabályok a célállomány főfajának legkevesebb 70%-os elegyarányát írják elő. Hosszú távú erdővédelmi szempontokat alapul véve sok esetben sokkal megnyugtatóbb lenne, ha egyik fafaj számára sem írnánk elő ilyen mértékű dominanciát. Ha történetesen egy hegyvidéki „viharvert” és szü-

rágott fenyvest lombállományra akarunk cserélni, akkor a bizonytalan jövőt alapul véve nem könnyű eldönteni, hogy például bükk vagy kocsánytalan tölgy legyen-e a főfafaj. Ha azonban ezt a két fajtát 40–30% (avagy 30–40%) elegyarányal ültetjük, a fennmaradó 30%-ot pedig 2-3 további fafaj teszi ki (ismételten hangsúlyozva a finomabb térbeli lépték jelentőségét), akkor bizonyosan közelebb kerülünk az erdő egészségét hosszú távon is nagyban szolgáló funkcionális elegyességhez.

Egy idős elegyetlen állományból természetesen nem lehet elegyest varázsolni. A tisztítások, gyérítések során azonban lehet tudatosan és következetesen kímélni az elegyfajokat, beleértve a hosszú időn keresztül gyomfának tituláltakat is. Az erdősírtések során ezek a szempontok még inkább figyelembe vehetők.

Az *Erdészeti Lapok* szeptemberi számában jelent meg

az odvas fák erdővédelmi jelentőségével kapcsolatos írásom. Sokan talán már a cím alapján legyintenek a cikkre, „*ez a kiscserkész-téma lenne az erdőgazdálkodás legfontosabb kérdése manapság?*” Bizonyosan nem az. Fontos lenne azonban megérteni, hogy egy bizonytalan, de nagy valószínűséggel kedvezőtlenebb



A Káli-medence a gyapjaslepke tömegszaporodásainak egyik klasszikus helyszíne. A cserek jobban, a kocsánytalan tölgyek kevésbé viselik a tarrágást. Az utóbbiak újrAhajtó lombzatán általában erős lisztharmatfertőzés jelentkezik, ami a hajtások befásodását gátolva a téli fagykárak esélyét növeli. (Szöveg és kép: Csóka Gy.)

környezeti rendszerrel csak úgy tudunk dacolni, ha minden olyan tényezőt, illetve folyamatot erősítünk, támogatunk, amelyek csökkentik a jövőbeni kockázatokat.

Az erdőgazdálkodás módja, az erdőművelés sokat tehet azért, hogy az erdők ellenálló-, illetve visszaszerző-ké-

pességét (idegen szóval „reszilienciát”) erősítse. Nem túl népszerű hangoztatni, biztosan elfogadni sem túl könnyű, de a növekvő erdőkárok egyik jelentős oka a közeli vagy távolabbi múlt erdőgazdálkodásában keresendő. A klímaváltozás peresze felnagyítja mindezt, ahogy a hororú tükör teszi...

A jó hír az, hogy tudatos beavatkozásokkal számos olyan szabályozó mechanizmust (divatos szóval „ökoszisztéma-funkciót”) állíthatunk helyre, amelyeket éppen a korábbi erdőgazdálkodási szemlélet blokkolt le. Egy-egy súlyos, hosszú időn át elhanyagolt betegséget sem lehet néhány nap alatt, egy-két tablettával lerendezni. Itt sincsenek csodapirulák, nincs mindenható varázsigé sem. Sok apró varázsigét kell találni, amelyekkel a lehető legtöbb szövetségest tudjuk magunk mellé állítani: állományszerkezetet, elegyességet, megőrzött odvas fákat és mikroklímát, rovar-

vő énekesmadarakat, populáción belüli genetikai változatosságot stb. Ehhez az összefüggések feltárása (nevezhetjük akár kutatásnak is), a probléma megértése és erre alapozott cselekvések szükségesek. MOST!!!

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Agrárklíma.2 VKSz-12-1-2013-0034 számú projekt támogatásával valósult meg.

A cikksorozatot szerkeszti:
Mátyás Csaba akadémikus

Hivatkozott irodalom

- Állami Erdészeti Szolgálat 2005. Az egyes termőhelytípusokon alkalmazható célállományok. Budapest, 370
- Berki I. 2017. Szárazodás okozta kigyérülés a kocsánytalan tölgy példáján. *Erdészeti Lapok*, CLII:4, 105–106
- Horváth A., Mátyás Cs. 2016. Növedékcsökkenés előrevetítése egy bükk származási kísérlet alapján. *Erdészeti Tudományos Közlemények* 4:2, 91–99
- Illés, G., Fonyó, T. 2016. A klímaváltozás fatermésre gyakorolt várható hatásának becslése az AGRATÉR projektben. *Erdészettudományi Közlemények*, 6 (1–2). doi:10.17164/EK.2016.003



A Bükk egyik déli lejtőjén (Főmagység közelében) elpusztult molyhos tölgyek. A vízhiány miatt sárguló fákön tömegesen megtelepedő xilofág rovarok (pl. kétpettyes díszbogár) néhány év alatt elpusztítják a fákat. (Szöveg és kép: Csóka Gy.)