

Szent István Egyetem
Környezettudományi Doktori Iskola

Feketefenyvesek természetvédelmi megítélésének ökológiai alapjai

doktori (PhD) értekezés tézisei

Cseresnyés Imre

Gödöllő
2013

A doktori iskola

megnevezése: Környezettudományi Doktori Iskola
tudományága: Környezettudomány
vezetője: Dr. Heltai György
egyetemi tanár, MTA Doktora, tanszékvezető
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Környezettudományi Intézet
Kémia és Biokémia Tanszék

Témavezető: Dr. Csontos Péter
tudományos tanácsadó, MTA Doktora
MTA, Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. A kutatás háttere és céljai

Magyarország területén a XIX. sz. második felétől kezdve telepítenek tájidegen feketefenyőt (*Pinus nigra* Arn.). A fenyvesítés elsődleges célja a középhegységekben (főként a dolomitvidékeken) a talajerózió megakadályozása, az Alföldön a homokterületek fásítása és a homok megkötése volt, a fatermesztési célok csak később kerültek előtérbe [TAMÁS 2003]. A feketefenyvesek a hazai erdőterület mindössze 3,7%-át (67200 ha) teszik ki, ennek ellenére komoly természet- és tájvédelmi problémák okozói. Az állományok jelentős részét a középhegységi dolomit-, valamint az alföldi homokvidékek fajgazdag, védelemre érdemes élőhelyeire telepítették. A fenyvesítés hatására fellépő erős árnyékolás és a felhalmozódó tűavar az őshonos flóra jelentős elszegényedését és számos növényfaj lokális kipusztulását váltotta ki, gyakran *nudum* típusú feketefenyő állományok kialakulásához vezetve [BORHIDI 1956, BÓDIS 1993, HORÁNSZKY 1996, CSONTOS et al. 1998]. A feketefenyő fájának ipari értéke csekély, a szuboptimális élőhelyekre telepített, emiatt fiziológiailag gyorsan legyengülő fenyveseket pedig gomba- és rovar-kórokozók kiterjedt epidémiái is pusztították, ezért fenntartásuk erdőgazdasági szempontból is indokolatlanná vált [KOLTAY 1999]. A sűrű monokultúrákban nagy mennyiségben halmozódott fel a gyorsan kiszáradó, gyantás tűavar [CSERESNYÉS et al. 2006], amely egyre gyakrabban vezetett pusztító erdőtüzek kialakulásához [GHIMESSY 2003, PAPP 2010]. Az alacsony diverzitású, fragmentált, rossz fiziológiai állapotú telepítések kiváló lehetőséget biztosítottak számos invazív növényfaj térhódításához [TÖRÖK et al. 2003], súlyosbítva a feketefenyő természetes flórára gyakorolt negatív hatását.

Az elmúlt évtizedekben – a monokultúrás fatermesztés háttérbe szorulása mellett – a fenntartható erdőgazdálkodási gyakorlat terjedt el, melynek célja a gazdasági-társadalmi és természetvédelmi szempontból is előnyös, természetes fajösszetételű, mikrohabitatokban gazdag, nagy diverzitású erdőállományok létrehozása és fenntartása [VAHID és KÓBORI 2005]. A feketefenyvesek őshonos erdőállományokká alakítása, illetve az őshonos gyepvegetáció helyreállítása ennek következtében is elengedhetlenné vált [KESZTHELYI et al. 1995]. A feketefenyvesek területe ennek ellenére sem csökkent jelentősen, sőt további telepítések is folynak. Az állományok egy részét technogén területek (főként felhagyott külszíni fejtések) erdészeti rekultivációja során létesítik, kihasználva a feketefenyő csekély víz- és tápanyagigényét, valamint jó eróziógátló képességét.

A feketefenyő hazai telepítése és a meglévő állományok kezelése jelenleg is az erdészek és a természetvédő botanikusok, ökológusok ütközőpontja, melynek objektív megítélése sok szempontból nehézkes. Munkánk során a fenyvesítés néhány ökológiai hatását elemeztük, így segítve a feketefenyő természetvédelmi szempontú értékelését és az állományok eredményes kezelését. Vizsgálataink eddig kevésbé kutatott területekre – a feketefenyvesek tűzveszélyességére, az invazív fajok talajmagbankjára és a feketefenyővel rekultivált külfejtések növényzetének elemzésére – irányultak.

Célkitűzések:

1. A felhalmozódott éghető anyag mennyiségének meghatározása különböző korú és égtáji kitettségű elegyetlen feketefenyvesekben, kiegészítve a vizsgálatokat a lombelegyes állományok avartömegének meghatározásával.
2. Tűzveszélyesség modellezése a különböző korú és kitettségű elegyetlen, valamint lombelegyes állományokban: a tűzgyulladás valószínűsége és a tűz terjedésének vizsgálata különböző meteorológiai, topográfiai és szárazsági viszonyok mellett.
3. Az alkalmazott McArthur-féle empirikus tűzveszélyességi modell eredményeinek, így a modell hazai alkalmazhatóságának értékelése saját eredményeinknek szakirodalmi forrásokból nyert adatokkal történő összehasonlításával.
4. A feketefenyvesekben megfigyelt invazív fajok közül az országszerte jelentős fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) és selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.), valamint az egyelőre csak lokálisan problémákat okozó lepényfa (*Gleditsia triacanthos* L.) perzisztens talajmagbankjának tanulmányozása.
5. A magbank-vizsgálatok alapján az özönfajok potenciális veszélyességének becslése az őshonos társulások regenerációja, illetve a fenyvesített terület egyéb jövőbeni hasznosítása szempontjából.
6. Feketefenyő-telepítéssel rekultivált dolomit és bauxit külfejtések növényzetének cönológiai vizsgálata és természetvédelmi szempontú értékelése.
7. A rekultivált külszíni fejtések vegetációjának összehasonlítása a területek potenciális vegetációját jelentő, természetes állapotú társulásokkal (molyhos tölgyes karsztbokoredő vagy cseres-tölgyes), valamint tűz után vagy tarvágást követően regenerálódó társulásokkal; a fenyvesítés szukcesszióra gyakorolt hatásának vizsgálata.
8. Végül a kapott eredmények alapján a feketefenyő hazai jelenlétének értékelése, valamint javaslatok megfogalmazása a meglévő állományok kezelésével és az esetleges új telepítésekkel kapcsolatban.

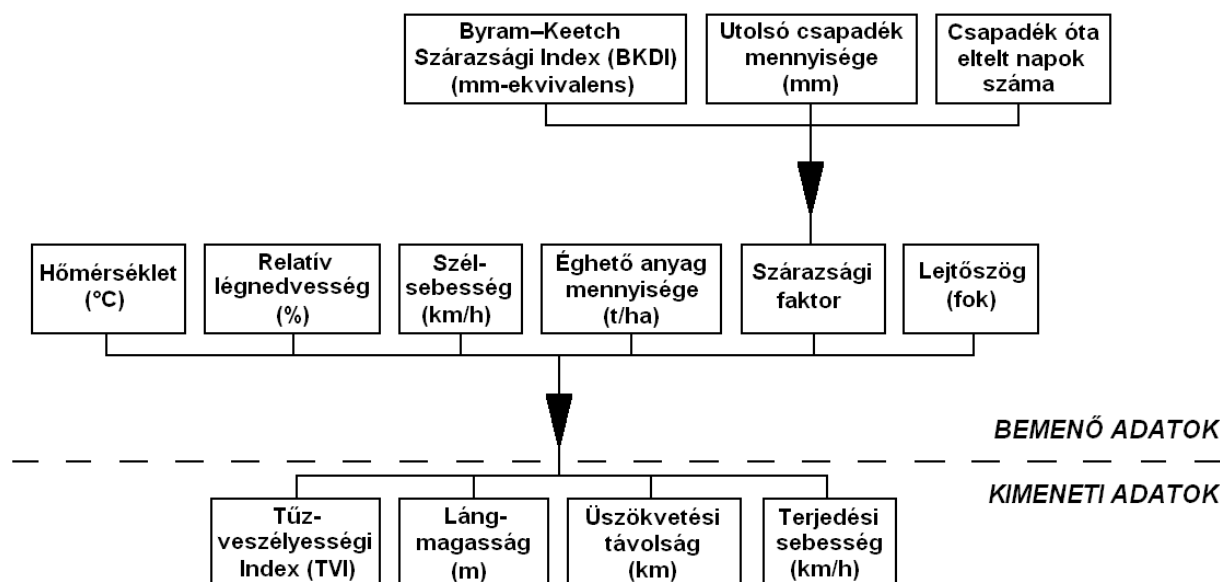
2. Anyag és módszer

2.1. Feketefenyvesek tűzveszélyességének vizsgálata

A feketefenyvesek tűzveszélyességének vizsgálatát a Budai-hegység dolomitra telepített állományaiban végeztük el, európai fenyvesekre elsőként alkalmazva McArthur empirikus (statisztikai) modelljét. Az ausztrál modell több száz természetes erdőtűz terepi vizsgálata alapján készült, először új-dél-walesi eukaliptusz-erdőkre [NOBLE et al. 1980]. Későbbi, átdolgozott formái egyéb lombdő-típusokban és fenyvesekben is alkalmazhatóak voltak. Egyszerű gyakorlati

felhasználhatósága miatt európai fenyvesekben való alkalmazási lehetőségeit többen felvetették, kiemelve a kapott eredmények ellenőrzésének szükségességét [PASTOR et al. 2003]. A modell a hőmérséklet, a relatív légnedvesség, a szélesség, az éghető anyag mennyisége, a szárazsági faktor és a lejtőszög ismeretében prediktálja a tűzgyulladás valószínűségét (Tűzveszélyességi Index = TVI), a lángmagasságot, az üszöketési távolságot és a terjedési sebességet (1. ábra). A szárazsági faktor a Byram–Keetch Szárazsági Index (BKDI) értékéből, valamint az utolsó csapadék mennyiségéből és idejéből számítható ki.

A modellezéshez elsőként az éghető anyag tömegének és a szárazsági faktor ismeretére volt szükség. Az éghető anyag mennyiségét különböző égtáji kitettséggű (észak, dél, plató) és korcsoportú (20–40, 40–60, 60–80 év és 80 év felett) feketefenyvesekben határoztuk meg, mintaterületenként 5 db 2 × 2 m-es kvadrátban. Mivel a McArthur-modell szerint a tűzveszélyességet a 6 mm-nél nem nagyobb méretű éghetőanyag-frakció határozza meg, ezért a fenyvesek talaján felhalmozódott avart három frakcióra osztottuk fel: 1) tűavar (+ a 6 mm-nél nem vastagabb ágavar); 2) ágavar (6 mm-nél vastagabb); és 3) tobozavar. A három frakció száraztömegét kg/ha egységben határoztuk meg minden mintaterületre vonatkozóan. Meteorológiai adatok felhasználásával kiszámítottuk a BKDI, majd ez alapján a szárazsági faktor napi értékeit az 1985–2009 közötti időszakra [KEETCH és BYRAM 1968]. Meghatároztuk a szárazsági viszonyok jellemző éves változását és a tűzveszélyesség szempontjából kritikus száraz időszakokat.



1. ábra: A McArthur-féle tűzveszélyességi modell felépítése

Az éghetőanyag-mennyiség és a szárazsági faktor ismeretében modelleztük a különböző meteorológiai és topográfiai tényezők hatását a tűzveszélyességre és a tűz jellemzőire. Ez esetben a modell hat bemenő paramétere (1. ábra) közül egyet-egyet kiválasztva, értékét egy meghatározott intervallumban változtattuk, és – a többi öt tényezőt állandó értéken tartva – vizsgáltuk ennek hatását a négyféle eredményre (TVI, lángmagasság, üszöketési távolság, terjedési sebesség). A kapott eredményeket szakirodalmi forrásokból nyert kísérleti adatokkal vetettük össze annak érdekében, hogy megbízhatóságukat, valamint a modell hazai alkalmazhatóságát igazoljuk.

Az avar mennyiségi meghatározását, valamint a tűzveszélyességi viszonyok modellezését lombos fákkal különböző mértékben (6–79%) elegyes feketefenyő állományokban is elvégeztük, hogy az elegyedés avartömegre és tűzveszélyességre gyakorolt hatását kimutassuk.

2.2. Invazív fajok magbankjának vizsgálata

Az akác, a lepényfa és a selyemkóró talajmagbankját homokterületek (Kisalföld, Gödöllői-dombság, Csévharaszt) feketefenyveseiben mértük fel. A talaj két (0–6 cm és 6–12 cm) rétegből vett mintákból mosással vagy szitálással nyertük ki a vizsgált özőnfaj magvait. Az akác és a lepényfa esetén a magokat mechanikai úton szkarifikáltuk a fizikai dormancia (keményhéjúság) megtörése érdekében. A magokat laboratóriumban csíráztattuk, majd számuk és csírázási arányuk ismeretében meghatároztuk az invazív fajok magbankjának denzitását (db/m^2) az egyes fenyőállományokban. Emellett felmértük a lepényfa csemetebankjának denzitását is. Megvizsgáltuk az akác és a lepényfa magbank-mérete és a faegyedek kora (bazális területe) közötti kapcsolatot, a selyemkóró esetén pedig a magbank nagysága és a selyemkóró-állomány denzitása között kerestünk összefüggést.

2.3. Feketefenyővel rekultivált külfejtések aljnövényzetének vizsgálata

Elvégeztük három-három, feketefenyővel rekultivált dolomit (Keszthelyi-hegység: Balatongyörök, Vonyarcvashegy, Gyenesdiás) és bauxit (Bakony: Szóc és Sáska; Gerecse: Nagyegyháza) külfejtés vegetációjának cönológiai felvételezését. Mintaterületenként 5 db 10×10 m-es állandó kvadrátban határoztuk meg az aljnövényzet minden fajának százalékos borítását három alkalommal. A feketefenyő borítását, valamint az aljnövényzet összes fajszámát, borítását és Shannon-diverzitását is meghatároztuk az egyes kvadrátokra és mintaterületekre vonatkozóan. Vizsgáltuk a feketefenyő borításának hatását a kvadrátban lévő aljnövényzet borítására, fajszámára és diverzitására. Minden fajhoz hozzárendeltük annak Raunkiaer-életformáját, valamint szociális magatartás típusát és cönoszisztematikai besorolását [BORHIDI 1993]. A fajok borításai alapján elkészítettük minden mintaterületre a három attribútum szerinti csoporttömeg-eloszlást, és a vegetációt

ezek segítségével jellemeztük. Az eloszlásokat homogenitásvizsgálattal hasonlítottuk össze. Kiszámítottuk az aljnövényzet természetességi értékének kvázi-átlagát a szociális magatartás típus szerinti csoporttömegek és a fajok természetességi értékének [BORHIDI 1993] figyelembe vételével.

Vizsgáltuk a feketefenyő borításának hatását az aljnövényzet fenti mutatók szerinti csoporttömeg-eloszlásaira. Ehhez a hat mintaterületen felvételezett összesen 30 kvadrátot a feketefenyő borítása szerint három csoportra osztottuk oly módon, hogy minden csoportba 10–10 kvadrát kerüljön. Így alacsony (10–30%), közepes (40–65%) és magas (70–90%) fenyőborítású kvadrátokat különítettünk el. A kvadrátok mindegyikére külön-külön meghatároztuk a csoporttömeg-eloszlásokat a benne lévő növényfajok borításaiból. Az azonos csoportba tartozó kvadrátok eloszlásait összevontuk, majd a három fenyőborításhoz tartozó eloszlást egymással statisztikai úton összehasonlítottuk.

A feketefenyő flórára gyakorolt hatásának megismeréséhez tanulmányoztuk, milyen eltérések és hasonlóságok figyelhetők meg a külfejtések növényzete és egy olyan vegetáció között, amely (1) az adott vizsgálati terület potenciális klimax vegetációját alkotja, illetve (2) hasonló élőhelyen regenerációs szukcesszióval alakul ki feketefenyő hatása nélkül. A potenciális vegetációtípus megállapítása egyrészt Magyarország Első (1780–1784) és Második (1819–1869) Katonai Felmérése során készült térképszelvényekről (M = 1:28800), másrészt a termőhelyi viszonyok és a rekultivált területet övező vegetáció jellemzőinek megfigyelése alapján történt. Potenciális vegetációként a dolomitfejtőknél *Cotino–Quercetum pubescentis*, a bauxitfejtőknél *Quercetum petraeae–cerris* társulást határoztuk meg. Szakirodalmi forrásokban közölt cönológiai felvételek [SZODFRIDT és TALLÓS 1964, FEKETE 1966], valamint BARINA [ined.] adataiból elkészítettük e két társulás természetes állományainak hasonló csoporttömeg-eloszlásait, majd ezeket a saját adatainkból felvettekkel vetettük össze. Hasonló összehasonlítást végeztünk regenerációs szukcesszió során kialakult vegetációtípusok cönológiai felvételeinek felhasználásával. Ez esetben dolomitsziklagyep feketefenyves leégését követő, valamint cseres–tölgyes aljnövényzet ernyős felújító vágást követő szukcessziójának tanulmányozása során rögzített cönológiai adatokat használtunk fel [CSONTOS 1996, TAMÁS és CSONTOS 2006]. A csoporttömeg-eloszlások mellett a fajkészletek különbségeire is figyelmet fordítottunk.

3. Eredmények és következtetések

3.1. Feketefenyvesek tűzveszélyessége

Az elegyetlen feketefenyvesekben felhalmozódott avar tömege független az égtáji kitettségtől, azonban korfüggő változást mutat. A tűavar mennyisége fokozatos emelkedés után a 60–80 éves állományokban éri el maximumát (17560 kg/ha), majd az idősebb fenyvesekben szignifikánsan csökken. Hasonló trendet figyeltünk meg az ág- és tobozavarnál is, a különbségek azonban csak az ágavar tömegének

növekedésénél voltak szignifikánsak. Az idős telepítésekben az avarmennyiség csökkenése az állomány produkciójának hanyatlására utal, melynek oka a fás biomassa és az avar felhalmozódásából eredő tápanyag-limitáció, valamint az egyedek fiziológiai leromlása [GOWER et al. 1996]. A feketefenyvesekben akkumulálódott éghető anyag mennyisége a lassú lebomlás miatt jelentősen meghaladja az őshonos erdő- és gyepvegetációra jellemző értékeket [JÁRÓ 1958, MOLNÁR 1975] emiatt a fenyvesek fokozottan tűzveszélyes vegetációtípusok. Az éghető anyag mennyiségéből következően a 60–80 éves állományok tűzveszélyessége a legnagyobb.

A szárazsági viszonyok alakulására a jelentős évek közötti variabilitás jellemző. A vizsgált 25 éves (1985–2009) időszakot tekintve a BKDI jellegzetes éves trend szerint változik: értéke januártól márciusig egyenletesen alacsony, majd augusztus végéig folyamatos emelkedést, ezt követően januárig monoton csökkenést mutat. Az index alapján a leginkább tűzveszélyes időszaknak augusztus és szeptember hónapok tekinthetők. A szárazsági faktor számítása során hasonló éves változást mutattunk ki. A szárazsági faktor nyáron átlagosan 7-es érték, csapadékhiányos periódusokban azonban hosszabb időn keresztül is a maximális 10-es értéket mutatja. Fokozott tűzveszélyre aszályos években nemcsak augusztus–szeptemberben, hanem a tavaszi vagy késő őszi időszakban is számítanunk kell.

A McArthur-modell használatával kimutattuk, hogy átlagos időjárású nyári napokon a feketefenyvesekben nagyon magas tűzveszélyességgel kell számolnunk ($TVI = 24$), és a kiemelten tűzveszélyes, 60–80 éves állományokban közel 10 m lángmagasság, 1,5 km üszökvetési távolság, és – 30° -os hegyoldalon felfelé – 4,3 km/h terjedési sebesség várható. A tűzveszélyességre leginkább a szélesebbesség van hatással, a tűzveszély nagy szélesebbesség (60 km/h) esetén az extrém fokozatot is elérheti. Fokozott tűzveszély elsősorban a széles, alacsony relatív légnedvességű, nyári napokon áll fenn. Saját eredményeinket szakirodalmi adatokkal összevetve megállapítottuk, hogy McArthur modellje több más – széles körben alkalmazott – modellhez hasonlóan írja le az avar tömeget, a meteorológiai és szárazsági viszonyok, valamint a lejtőszög kapcsolatát a tűzveszélyességgel és a tűz jellemzőivel [VIEGAS 1998]. Konkrét eredményeink szintén összhangban állnak az avarégetéses kísérletek publikált eredményeivel [SANTONI és BALBI 1998, MORANDINI et al. 2001, MORVAN és DUPUY 2001]. Tapasztalataink alapján a McArthur-modell hazai viszonyok között alkalmazható a tűzveszélyességi viszonyok előrejelzésére, de az eredmények hitelességének ellenőrzése szükséges lehet.

A lombegyes állományokban a lombosfák arányának növekedésével lineárisan csökken a felhalmozódott avar tömege (50%-os elegyaránynál mintegy 30%-kal), ami a tűzveszélyesség mérséklődésével jár. A kedvező hatáshoz jelentősen hozzájárul a kevert avar tűavarénál lassúbb kiszáradása [SONG et al. 2010], mely alacsonyabb szárazsági faktort eredményez.

3.2. Invazív fajok magbankja

Mindhárom vizsgált invazív növényfaj (akác, lepényfa és selyemkóró) talajmagbankját kimutattuk a feketefenyvesekben. Az akác magvai az alsó és felső talajrétegben egyaránt jelen voltak, csírázási arányuk az alsó rétegben magasabb volt (95,6%), mint a felsőben (93,1%); ennek oka vélhetően a mélyebb talajrétegben a magtúlélés szempontjából előnyösebb környezet kialakulása és az életképtelen magvak gyorsabb korhadása [FENNER és THOMPSON 2005]. A magbank denzitása jelentősnek tekinthető: fenyőállományonként 640–2285 db/m² között változott, átlagosan 1400 db/m² volt. Az egyes akácpéldányok alatti magbank nagysága, valamint az alsó talajréteg magtartalmának teljes magbankhoz viszonyított aránya pozitívan korrelált a fa bazális területével; e megfigyelések az idősödő akác példányok növekvő magprodukciónak, a magvak hosszú távú akkumulációjának és az eltemetődés időigényével magyarázhatók [MASAKA et al. 2010]. A lepényfa – átlagosan 1168 db/m² denzitású – magbankja szintén mindkét talajrétegben jelen volt, a csírázási arány e fajnál is magasabbnak bizonyult az alsó rétegben (98,2%), mint a felsőben (96,5%). A magbank nagysága a fák bazális területével nem korrelált, melynek oka a lepényfa magprodukciónak egyes évek között vagy többéves ciklusokban jelentkező nagyfokú ingadozása [MARCO és PÁEZ 2000]. A feketefenyvesekben megtaláltuk a lepényfa inváziójában fontos szerepet betöltő csemetebankot is, ennek denzitása 1,44 egyed/m² volt. A selyemkóró – átlagosan 73 db/m² nagyságú – magbankját csak a talaj felső rétegében mutattuk ki. A magvak 15%-a bizonyult csírázóképesnek; az alacsony csírázóképeség az életképes magvak jelentős részének a magszórás követő tavaszi kicsírázásával függ össze [CSONTOS 2001]. A magbank nagysága pozitívan korrelált a selyemkóró állománysűrűségével.

A feketefenyvesek leégését vagy kitermelését követően, illetve leromlásukkal párhuzamosan az invazív fajok magbankból történő (esetleg évtizedekig is elhúzódó) felújulása várható, amely jelentősen gátolja az őshonos flóra regenerálódását vagy az érintett terület egyéb tervszerű használatát. A lepényfa korlátozott elterjedése miatt egyelőre csak kis területeken okozhat problémát, az akác és a selyemkóró inváziója azonban mára országos jelentőségűvé vált. A homokterületek feketefenyvesei a selyemkóró számára „stepping stone” habitatként funkcionálva elősegítik az özönfaj számára újabb fátlan területek meghódítását.

3.3. Feketefenyővel rekultivált külfejtések aljnövényzete

A feketefenyővel rekultivált dolomit- és bauxitfejtőkön egymástól jelentősen eltérő vegetációtípusok alakultak ki; a különbség a domináns fajokban, a Shannon-diverzitásban és a vizsgált csoporttömeg-eloszlások (szociális magatartás típus, Raunkiaer-életforma, cönoszisztematikai besorolás) szignifikáns különbségeiben is megnyilvánult. A közel egy időben (21–24 évvel a vizsgálat előtt) rekultivált dolomitfejtők két mintaterületén (Balatongyörök és Vonyarcvashegy) a természetes dolomitvegetáció fajai uralkodtak, a zavarástűrő, őshonos ruderalis és tájidegen fajok csekélyebb aránya mellett, így a növényzet viszonylag magas természetességi

értékkel rendelkezett. A gyenesdiási állományban azonban a ruderalis elemek (főként *Calamagrostis epigeios* és *Solidago gigantea*) dominanciája volt jellemző, a természetes fajok visszaszorultak; emiatt a vegetáció természetességi értéke jelentősen elmaradt az előző két területétől. Az eltéréseket a propagulumforrások különbségei és az eltérő mértékű humán zavarás is okozhatta. A 6, 15, illetve 20 éve rekultivált bauxitfejtők különböző szukcessziós stádiumoknak tekinthetők. A legfiatalabb állományt (Szóc) még a zavarástűrők uralták (itt is főként *C. epigeios* és *S. gigantea*), a 15 éves telepítésben (Nagyegyháza) ezek már részben visszaszorultak, a legidősebb feketefenyvesben (Sáska) pedig szerepük alárendelt volt. E fajok arányának csökkenésével párhuzamosan növekedett a természetes vegetáció fajainak részesedése, a vegetáció diverzitása és természetességi értéke.

A feketefenyő borításának növekedése csökkentette az aljnövényzet borítását és fajszámát, valamint a dolomitfejtőkön a Shannon-diverzitást is. Jól megfigyelhető volt egyes fajok eltűnése a magasabb fenyőborítású kvadrátokból. A sűrűbb fenyves alól erőteljesebb a természetvédelmi szempontból kevésbé értékes vagy káros fajok kiszorulása, mint a potenciális vegetáció fajaié, amely a vegetáció természetességi értékét kissé növeli. A bauxitfejtők nagyobb fenyőborítású kvadrátjaiban magasabb a természetes lomberdei fajok relatív borítása, mely azzal is magyarázható, hogy a sűrűbben záródott erdőrészek főként az idősebb állományokban találhatóak, ahol hosszabb idő állt rendelkezésre az erdei fajok térhódításához.

A rekultivált külfejtések növényzete szignifikánsan eltér mind a területek potenciális vegetációjától, mind az – erdőtűz vagy ernyős felújító vágás után – regenerációs szukcesszióval kialakult társulástól. A dolomitfejtők aljnövényzete kisebb természetességű: e területeken magasabb – a természetes karsztbokorerdőből általában hiányzó – zavarástűrő és társulásközömbös fajok (leginkább az őshonos és az adventív kompetitorok) csoporttömege, ugyanakkor a természetes dolomitfajok (főként a specialisták) aránya lényegesen alacsonyabb. Az értékes, gyakran védett dolomitnövények jelentős része a rekultivált területeken nem található meg. A bauxitfejtők vizsgálatakor a dolomitfejtőkön tapasztaltakhoz hasonló különbségeket mutattunk ki: a bauxitfejtők növényzetében a ruderalis fajok aránya meghaladja a természetes cseres-tölgyesre jellemző értéket, a természetes (általában lomberdei) fajok csoporttömege viszont messze elmarad attól. Ugyanilyen eltérések mutatkoznak, ha a bauxitfejtők növényzetét a regenerációs szukcesszió korban megfelelő stádiumával vetjük össze. A gyom jellegű fajok kiszorulása és a természetes fajok elterjedése lassúbb a feketefenyő alatt; a tölgyesek geofita fajai, valamint a védett fajok még a legrégebben rekultivált helyszínről is hiányoznak. A feketefenyő szukcesszió szempontjából kedvezőtlen hatásához valószínűleg hozzájárul a rekultivált területek propagulumhiánya is. A fenyvesítés következményeinek alaposabb megismeréséhez a rekultivált területek hosszú távú ökológiai monitorozására lenne szükség, feketefenyőtől mentes kontrollterületek bevonásával.

4. Új tudományos eredmények

1. Meghatároztuk a különböző korú és égtáji kitétségű elegyetlen feketefenyvesekben felhalmozódott tű-, toboz- és ágavar mennyiségét. Megállapítottuk, hogy a frakciók tömege 60–80 éves állományokban a legmagasabb. Az éghető avar mennyiségéből eredően a feketefenyvesek tűzveszélyessége jelentősen meghaladja a hazai természetes erdő- és gyeptársulásokét. Igazoltuk, hogy lombelegyes feketefenyvesekben a felhalmozódott avar tömege lineárisan csökken a lombosfák elegyarányának növekedésével, maga után vonva a tűzveszélyesség mérséklődését.
2. Kvantifikáltuk az éghető anyag várható szárazságának mértékét a Byram–Keetch Szárazsági Index (BKDI) és a szárazsági faktor segítségével. Kimutattuk a szárazsági viszonyok jellegzetes éves változását és az augusztus–szeptemberi időszak kiemelt tűzveszélyességét. Megállapítottuk, hogy McArthur empirikus modellje alkalmas a hazai feketefenyvesek tűzveszélyességi viszonyainak előrejelzésére.
3. Konkrét adatokat szolgáltatunk a feketefenyvesek tűzveszélyességéről (Tűzveszélyességi Index, lángmagasság, üszökvetési távolság, terjedési sebesség) különböző meteorológiai, topográfiai és szárazsági viszonyok mellett.
4. Kimutattuk az invazív fehér akác, lepényfa és selyemkóró perzisztens magbankját a feketefenyvesek talajában. Az akác magbankjának denzitása és a mélyebb talajrétegbe jutott magvak aránya egyaránt növekedést mutatott a fa bazális területének (korának) függvényében. A selyemkóró magbankjának nagysága a selyemkóró állománysűrűségével összefüggően emelkedett.
5. Az invazív fajok magbankjának kimutatásával felhívtuk a figyelmet arra, hogy a feketefenyvesek leégését vagy kitermelését követően (esetleg az állományok spontán pusztulásával párhuzamosan) az érintett területeken az özönfajok felújulása és elterjedése várható, megnehezítve az őshonos flóra regenerálódását vagy egyéb tervszerű területhasználatot.
6. Feketefenyő telepítésével rekultivált külszíni dolomit- és bauxitfejtések aljnövényzetének vizsgálatával megállapítottuk, hogy a feketefenyő borításának növekedésével csökken az aljnövényzet borítása, fajszáma és Shannon-diverzitása. Kimutattuk, hogy a rekultivált területek vegetációja jelentősen alacsonyabb természetességi értékkel bír, mint a területek potenciális növénytársulása (karsztbokorerdő vagy cseres–tölgyes), illetve egy olyan növényzet, amely hasonló élőhelyen, tűz vagy tarvágás után regenerációs szukcesszióval alakul ki fenyőtelepítése nélkül.
7. A rekultivált területeken jellemző a tájidegen fajok inváziója és a ruderalis fajok elszaporodása, ugyanakkor a potenciális vegetáció fajainak jelentős része (ide értve a konstans fajokat is) hiányzik vagy szerepe alárendelt, védett fajok pedig csak elvétve fordulnak elő. A jellemző szukcessziós folyamatok (gyom jellegű, zavarástűrő fajok kiszorulása, természetes kompetitorok

térhódítása) a feketefenyő jelenlétében lassabban vagy csak részben mennek végbe.

8. Vizsgálataink alapján a feketefenyő természetes szukcessziót gátló hatására következtethetünk, de ennek egyértelmű megítéléséhez hosszú távú vegetációdinamikai monitorozásra lenne szükség kontrollterületek bevonása mellett, figyelembe véve a szukcesszió szempontjából fontos egyéb háttértényezőket is (pl. antropogén zavarás, propagulumok elérhetősége).

5. Javaslatok

A feketefenyvesek által elfoglalt területeken az őshonos erdő- vagy gyepterület helyreállítása a cél. Az élőhely-restauráció során elsősorban az őshonos társulások természetes regenerációs képességét kell kihasználni, illetve elősegíteni. Erdőállomány fenntartására alkalmas termőhelyeken a feketefenyveseket fokozatosan lombegyes, majd lombos erdőkké kell átalakítani. Ezek létrehozása a tűzveszélyességet is mérsékli: mivel csökken az éghető anyag mennyisége és lassul a kiszáradása, ezért csökken a tűzgyulladás valószínűsége, a tűz intenzitása és terjedési sebessége, valamint elhárul a koronatűz kialakulásának veszélye. A tűzveszély szempontjából kiemelt figyelmet kell fordítani a 60–80 éves, sűrű telepítésekre (magas éghetőanyag-mennyiség), a dolomitvidékek meredek lejtőin álló fenyvesekre (gyors tűz-terjedés és nehéz védekezés), valamint azokra az állományokra, melyek védett természeti területeken, illetve lakott területek vagy fokozottan védett természeti értékek közelében találhatók. A nagyobb kiterjedésű, összefüggő fenyvesekben tűzpászták kialakítása és karbantartása szükséges. A tűzveszély szempontjából leginkább kritikus augusztus–szeptemberi időszakban (elsősorban a meleg, szeles, alacsony légnedvességű napokon) a tűzgyújtási tilalom betartását szigorúan ellenőrizni kell, és a tilalmat ki kell terjeszteni a fenyvesek környezetében lévő mezőgazdasági vagy egyéb területekre is.

A feketefenyvesek kezelése során fokozott figyelmet igényelnek azok az állományok, melyekben özönnövények találhatóak, főként, ha e fajok perzisztens magbankkal rendelkeznek. Mivel a magvak talajból való eltávolítása a gyakorlatban kivitelezhetetlen, ezért az invazív fajoktól a terület rendkívül nehezen mentesíthető. A fenyvesekben meg kell kezdeni a magbank-képző özönfajok irtását a magvak talajban történő akkumulációjának megakadályozása, illetve a már kialakult magbank legalább részbeni kimerítése érdekében. Az akác és a lepényfa magbankból vagy csemetebankból történő erőteljes újulására erdőtüzeket követően is számítani kell. A selyemkóró irtása azokban a fenyőállományokban különösen fontos, melyeken át az özönfaj újabb mezőgazdasági vagy gyepterületeket hódíthat meg. A magbank-képzés szempontjából nem vagy csak hiányosan ismert özönfajok magbankjának kutatása is időszerű.

Az erdészeti rekultiváció során telepített feketefenyvesek átalakítása szintén szükséges. A dolomitterületeken ez esetben is célravezető lehet a természetes regeneráció elősegítésével kialakítani a terület őshonos vegetációját; a cseres–

tölgyesek helyére ültetett állományokban emellett őshonos állományalkotó és elegyfák telepítése is indokolt. Fontos az invazív, valamint a természetes szukcessziót gátolni képes őshonos, agresszív növényfajok (pl. *Calamagrostis epigeios*) visszaszorítása vagy eltávolítása. A szukcesszió a területre történő, szakszerűen tervezett, aktív propagulumbevitellel segíthető elő. A feketefenyő újabb rekultivációs célú alkalmazásait lehetőleg mellőzni kell, illetve az erózióknak fokozottan kitett részekre kell korlátozni. A rekultivált területeken a humán károsító hatások (hulladéklerakás, járműforgalom stb.) kiküszöbölésével valamelyest gátolható a természetességi állapotok leromlása.

Irodalom

- BÓDIS J. (1993): A feketefenyő hatása nyílt dolomitsziklagyepre. I. Texturális változások. *Botanikai Közlemények* 80(2): 129–139.
- BORHIDI A. (1956): Feketefenyveseink társulási viszonyai. *Botanikai Közlemények* 46(3–4): 275–285.
- BORHIDI A. (1993): A magyar flóra szociális magatartás típusai, természetességi és relatív ökológiai értékszámai. Janus Pannonius Tudományegyetem, Pécs, 93 p.
- CSERESNYÉS, I., CSONTOS, P., BÓZSING, E. (2006): Stand age influence on litter mass of *Pinus nigra* plantations on dolomite hills in Hungary. *Canadian Journal of Botany* 84(3): 363–370.
- CSONTOS P. (1996): Az aljnövényzet változásai cseres-tölgyes erdők regenerációs szukcessziójában. Scientia Kiadó, Budapest, 122 p.
- CSONTOS P., TAMÁS J., KALAPOS T. (1998): A magbank szerepe a dolomitnövényzet regenerálásában korábban feketefenyvessel borított területeken. In: CSONTOS P. (szerk.): *Sziklagyeppek szünbotanikai kutatása*, pp. 183–196. Scientia Kiadó, Budapest.
- CSONTOS P. (2001): A szárnagybögáncs (*Onopordum acanthium* L.) és a selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) magvainak túlélőképessége. *Acta Agronomica Óváriensis* 43(2): 83–92.
- FEKETE, G. (1966): Der xerotherme Flaumeichen-Buschwald des nördlichen Bakony-Gebirges. *Annales Historico-naturales Musei Nationalis Hungarici* 58: 207–221.
- FENNER, M., THOMPSON, K. (2005): The ecology of seeds. Cambridge University Press, Cambridge, 260 p.
- GHIMESSY L. (2003): Az erdőtűz-kárról. *Erdészeti Lapok* 138(3): 81–82.
- GOWER, S. T., MCMURTRIE, R. E., MURTY, D. (1996): Aboveground net primary production decline with stand age: potential causes. *Trends in Ecology and Evolution* 11(9): 378–382.
- HORÁNSZKY A. (1996): Növénytársulástani, erdőgazdálkodási és természetvédelmi kérdések a Kis- és Nagy-Szénáson. *Természetvédelmi Közlemények* 3–4: 5–19.
- JÁRÓ Z. (1958): Alommennyiségek a magyar erdők egyes típusaiban. *Erdészettudományi Közlemények* 1: 151–160.
- KEETCH, J. J., BYRAM, G. M. (1968): A drought index for forest fire control. USDA Forest Service Research Paper SE-38. USDA Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, NC, 32 p.
- KESZTHELYI I., CSAPODY I., HALUPA L. (1995): Irányelvek a természetvédelem alatt álló erdők kezelésére. A KTM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei 3., Budapest, 251 p.

- KOLTAY A. (1999): A hazai fenyőállományok egészségi állapota. *Erdészeti Lapok* 134(1): 15–16.
- MARCO, D. E., PÁEZ, S. A. (2000): Invasion of *Gleditsia triacanthos* in *Lithraea ternifolia* montane forests of central Argentina. *Environmental Management* 26(4): 409–419.
- MASAKA, K., YAMADA, K., KOYAMA, Y., SATO, H., KON, H., TORITA, H. (2010): Changes in size of soil seed bank in *Robinia pseudoacacia* L. (Leguminosae), an exotic tall tree species in Japan: Impacts of stand growth and apicultural utilization. *Forest Ecology and Management* 260(5): 780–786.
- MOLNÁR, E. (1975): A survey of studies on grassland production in Hungary. *Acta Botanica Hungarica* 21(1–2): 91–101.
- MORANDINI, F., SANTONI, P. A., BALBI, J. H. (2001): The contribution of radiant heat transfer to laboratory-scale fire spread under the influences of wind and slope. *Fire Safety Journal* 36(6): 519–543.
- MORVAN, D., DUPUY, J. L. (2001): Modeling of fire spread through a forest fuel bed using a multiphase formulation. *Combustion and Flame* 127(1–2): 1981–1994.
- NOBLE, I. R., BARY, G. A. V., GILL, A. M. (1980): McArthur's fire-danger meters expressed as equations. *Australian Journal of Ecology* 5: 201–203.
- PAPP M. (2010): Megnövekedett hazánkban az erdőtüzek gyakorisága. *Az Európai Unió Agrárgazdasága* 15(3): 4–5.
- PASTOR, E., ZÁRATE, L., PLANAS, E., ARNALDOS, J. (2003): Mathematical models and calculation systems for the study of wildland fire behaviour. *Progress in Energy and Combustion Science* 29(2): 139–153.
- SANTONI, P. A., BALBI, J. H. (1998): Modelling of two-dimensional flame spread across a sloping fuel bed. *Fire Safety Journal* 31(3): 201–225.
- SONG, F., FAN, X., SONG, R. (2010): Review of mixed forest litter decomposition researches. *Acta Ecologica Sinica* 30(4): 221–225.
- SZODFRIDT I., TALLÓS P. (1964): A felsőnyírádi erdő cseres–tölgyesei. *Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei* 2: 423–435.
- TAMÁS, J. (2003): The history of Austrian pine plantations in Hungary. *Acta Botanica Croatica* 62(2): 147–158.
- TAMÁS J., CSONTOS P. (2006): Dolomitterületek vizsgálata a Budai-hegységben – milyen a növényzet erdőtűz után 10 évvel? In: KALAPOS T. (szerk.): *Jelez a flóra és a vegetáció. A 80 éves Simon Tibort köszöntjük*, pp. 105–115. Scientia Kiadó, Budapest.
- TÖRÖK, K., BOTTA-DUKÁT, Z., DANCZA, I., NÉMETH, I., KISS, J., MIHÁLY, B., MAGYAR, D. (2003): Invasion gateways and corridors in the Carpathian Basin: biological invasions in Hungary. *Biological Invasions* 5(4): 349–356.
- VAHID Y., KÓBORI J. (2005): Nemzeti Erdőprogram és az EU-csatlakozás. *Erdészeti Lapok* 140(12): 354–356.
- VIEGAS, D. X. (1998): Weather, fuel status and fire occurrence: predicting large forest fires. In: MORENO J. M. (ed.): *Large forest fires*, pp. 1–30. Backhuys Publishers, Leiden.

Az értekezés témakörében megjelent publikációk

Impakt Faktoros folyóiratban megjelent közlemények:

Cseresnyés, I., Csontos, P., Bózsing, E. (2006): Stand age influence on litter mass of *Pinus nigra* plantations on dolomite hills in Hungary. *Canadian Journal of Botany* 84(3): 363–370. [IF: 0.985] doi:10.1139/B06-003

Csontos, P., Bózsing, E., **Cseresnyés, I.**, Penksza, K. (2009): Reproductive potential of the alien species *Asclepias syriaca* (Asclepiadaceae) in the rural landscape. *Polish Journal of Ecology* 57(2): 383–388. [IF: 0.433]

Cseresnyés, I., Szécsy, O., Csontos, P. (2011): Fire-risk of Austrian pine (*Pinus nigra*) plantations under various temperature and wind conditions. *Acta Botanica Croatica* 70(2): 157–166. [IF: 0.702] doi:10.2478/v10184-010-0022-5

Cseresnyés, I., Csontos, P. (2012): Soil seed bank of the invasive *Robinia pseudoacacia* in planted *Pinus nigra* stands. *Acta Botanica Croatica* 71(2): 249–260. [IF: 0.702] doi:10.2478/v10184-011-0065-2

Egyéb lektorált folyóiratban megjelent közlemények:

Cseresnyés I., Bózsing E., Csontos P. (2003): Erdei avar mennyiségének változása dolomitra telepített feketefenyvesekben. *Természetvédelmi Közlemények* 10: 37–49.

Cseresnyés I., Csontos P. (2004): Feketefenyvesek tűzveszélyességi viszonyainak elemzése McArthur modelljével. *Tájökológiai lapok* 2(2): 231–252.

Bózsing E., **Cseresnyés I.** (2006): Az *Asclepias syriaca* L. három Pest megyei állományának szaporodásbiológiai vizsgálata. *Természetvédelmi Közlemények* 12: 179–186.

Cseresnyés I., Csontos P. (2006): Szárazsági viszonyok változása feketefenyvesekben. *Tájökológiai Lapok* 4(2): 255–268.

Cseresnyés I. (2010): Az invazív fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) magbankja feketefenyvesek talajában. *Botanikai Közlemények* 97(1–2): 59–68.

Cseresnyés I., Csontos P. (2012): Feketefenyővel rekultivált bauxit külfejtések vegetációjának természetvédelmi szempontú értékelése. *Tájökológiai Lapok* 10(2): 315–340.

Lektorált magyar nyelvű könyvrészletek:

Cseresnyés I., Csontos P., Bózsing E. (2007): Dolomitra telepített feketefenyvesek avartömegének vizsgálata. *In: Csontos P. (szerk.): Feketefenyvesek ökológiai kutatása.* Scientia Kiadó, Budapest, pp: 31–42. (ISBN 963-8326-38-7)

Cseresnyés I., Csontos P. (2007): A feketefenyvesek szárazsági viszonyainak változása. *In: Csontos P. (szerk.): Feketefenyvesek ökológiai kutatása.* Scientia Kiadó, Budapest, pp: 43–56. (ISBN 963-8326-38-7)

Csontos P., **Cseresnyés I.** (2007): Feketefenyvesek tűzveszélyességi viszonyainak elemzése. *In: Csontos P. (szerk.): Feketefenyvesek ökológiai kutatása.* Scientia Kiadó, Budapest, pp: 57–79. (ISBN 963-8326-38-7)