

MTA doktora Pályázat
Doktori értekezés tézisei

**Új módszerek a gyeppek biodiverzitásának megőrzésére
és rekonstrukciójára**

Valkó Orsolya

Debrecen, 2019

Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben egyre sürgetőbbé vált a megmaradt természetes élőhelyek biodiverzitásának megőrzése és a degradált élőhelyek rekonstrukciója (Jones et al. 2018). Az Európai Unió 2020-ig a degradált ökoszisztémák 15%-ának helyreállítását tűzte ki célul. A restaurációs ökológia tudományterülete ugrásszerű fejlődésnek indult, amiből az ökológia tudománya és a gyakorlati természetvédelem is profitál (Palmer et al. 2015). A táji léptékű természetvédelmi kezelési és élőhely-rekonstrukciós projektek lehetőséget nyújtanak ökológiai elméletek tesztelésére és továbbfejlesztésére is. Ennek eredményeképpen új megoldásokat dolgozhatunk ki a biodiverzitás hatékonyabb megőrzésére. Kutatásaimban új megközelítésből vizsgáltam a gyepi biodiverzitást fenntartó mechanizmusokat és gyepkezelési módszereket. Azonosítottam a jelenlegi kezelési rendszerek korlátait, ami alapján új gyeprekonstrukciós módszereket teszteltem, mint például a mozaikos kezelés, kontrollált égetés, diverz magkeverékek vetése és megtelepedési ablakok létrehozása.

A gyepek központi szerepet játszanak a biodiverzitás megőrzésében és fenntartásában (Valkó et al. 2016a). Az Európai Unióban összesen 630.000 km² gyepet tartanak nyilván, ami az Unió területének 13%-a (Dengler et al. 2014). A nyílt tájszerkezet és a gyepekre jellemző fajösszetétel fenntartásához nélkülözhetetlen a felhalmozódott fitomassza rendszeres eltávolítása (Valkó et al. 2014, 2018a). A gyepek területe és fajgazdagsága az elmúlt évtizedekben Európa-szerte csökkent a hagyományos tájhasználat hanyatlása, az intenzív mezőgazdasági technikák terjedése és a természetes zavarási rendszerek átalakítása miatt (Valkó et al. 2018a).

A degradált gyepekben a gyepi specialista növényfajok hosszú távú fennmaradását a mikroélőhely- és a propagulum-limitáltság is jelentősen nehezíti (Moore & Elmendorf 2006, Valkó et al. 2016c). A mikroélőhely-limitáltságot elsősorban az avar-felhalmozódás, a kompetitor füvek előretörése illetve a nyílt élőhelyek cserjésedése és beerdősülése okozza (Valkó et al. 2011). Ezek a hatások a gyepi specialista

fajok megtelepedéséhez szükséges niche-ek eltűnését eredményezik. A propagulum-limitáltság legfőbb oka, hogy a gyepi specialista fajok magjainak általában korlátozott a terjedő-képessége (Deák et al. 2018) illetve a fajok többsége nem rendelkezik perzisztens magbankkal (Bossuyt & Honnay 2008). Minél több idő telik el a degradációt követően, annál kisebb az esélye a gyepi specialista fajok regenerációjának. Egyrészt, a degradációt követően csökken a tömegességük és virágzási sikerük, ami jelentősen csökkenti a propagulum utánpótlásukat (Valkó et al. 2011). Másrészt, tranziens vagy rövid távú perzisztens magbankjuk csak néhány évig életképes, így a régóta degradálódott állományokban a magbank regenerációs potenciálja kicsi (Kiss et al. 2018). Végül, a degradáció előrehaladtával kevesebb lesz a gyepi specialista fajok megtelepedéséhez szükséges mikroélelőhely.

A gyepek természetvédelmi kezelését és rekonstrukcióját nehezíti, hogy egyre nő a degradált területek kiterjedése, ugyanakkor a kezelésükre fordítható természetvédelmi erőforrások korlátozottak (Tälle et al. 2018). A tájhasználati, társadalmi és gazdasági változások miatt az egykori gyepterkezelési rendszerek sok esetben nem fenntarthatók, így új módszerekre, a természetvédelem és a gazdálkodók álláspontjainak közelítésére, illetve az információ-hiány megszüntetésére van szükség a gyepek hosszú távú és hatékony védelméhez. A kaszálás és legeltetés költségkímélő alternatívája lehet a módszerek extenzifikációja (például ritkább, nem minden évben végzett kaszálás), a szárzúzás vagy a kontrollált égetés (Köhler et al. 2005, Tälle et al. 2018, Valkó et al. 2014). Az aktív gyeprekonstrukciós módszerek helyett a spontán gyepregeneráció támogatása jóval kisebb költségigényű (Valkó et al. 2016c, 2017). Ezekkel a módszerekkel nagyobb területek kezelése és rekonstrukciója is biztosítható a rendelkezésre álló forrásokból (Tälle et al. 2018). Fontos kérdés azonban, hogy az alternatív módszerek mennyiben alkalmasak a degradáció megelőzésére, mérséklésére illetve a degradált gyepek biodiverzitásának helyreállítására (Valkó et al. 2018a). Ennek fényében az értekezésben a jelenlegi gyepterkezelési és gyeprekonstrukciós módok alkalmazhatóságát elemzem és javaslatot teszek alternatív módszerekre figyelembe véve az egyes módszerek növényzetre gyakorolt hatásait, alkalmazási lehetőségeit és korlátait.

Az értekezés felépítése

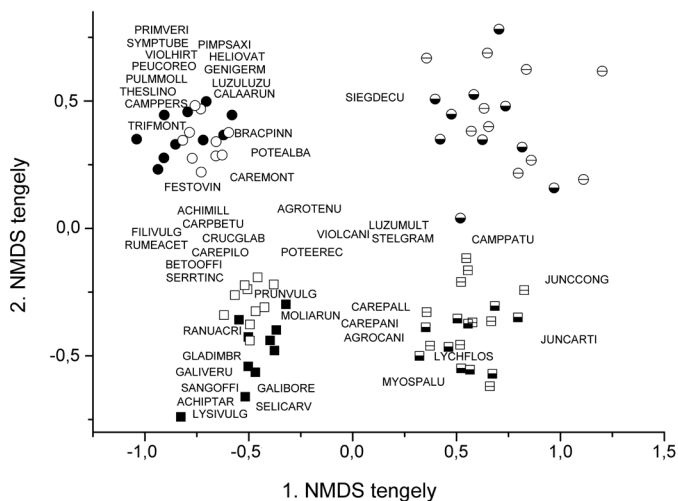
Értekezésemben arra keresem a választ, hogy milyen módon lehet a gyepek tájhasználati változásokból adódó degradációját megelőzni, mérsékelni, illetve hogyan állíthatók helyre a degradált állományok. Kutatásaimban az európai gyepekre általánosan jellemző degradációs gradienst elemzem számos gyeptípus vizsgálatával. Az értekezés 2. fejezetében a gyepek regenerációs potenciálját, valamint a degradáció megelőzését és a gyepi specialista fajok állományainak fenntartását elősegítő mechanizmusokat vizsgálom. A degradációs folyamatok lassítását célzó alternatív gyepterkeztési rendszerek hatékonyságát teszteltem a 3. fejezetben. Végül, a 4. fejezetben az erősen degradált gyepek biodiverzitásának helyreállítására szolgáló passzív és aktív gyepterkeztelési módszerek sikerességét elemzem.

A vizsgálatok nagy ismétlésszámú terepi adatokon, 700 kvadrát és 1100 fitomassza minta elemzésén alapulnak, melyeket száraz- és nedves szikes gyepek, löszgyepek, kékperjés láprétek, mezofil kaszálórétek és lejtősztyepppek felhagyott, kaszált és égetett állományaiban gyűjtöttünk. A természetvédelmi kezelések hatásainak elemzése során egyrészt vizsgáltam a tájléptékű élőhely-rekonstrukciós projektekben széles körben alkalmazott gyepterkeztési és gyepterkeztelési módszerek sikerességét, valamint új módszerek hatékonyságát is teszteltem kontrollált terepi körülmények között.

A magbank szerepe a kaszálórétek regenerációjában

A felhagyott kaszálókon és legelőkön az avarfelhalmozódás, valamint a cserjésedés és erdősödés az értékes, fajgazdag gyepek degradációjához vezet, mivel csökkenti a gyepi fajok biodiverzitását, valamint jelentősen megnehezíti a gyepterkeztelést (Köhler et al. 2005, Poptcheva et al. 2009, Valkó et al. 2018a). A vizsgálatban arra a természetvédelmi szempontból fontos kérdésre kerestem a választ, hogy az egykori hagyományos kezelés helyreállításával visszaállítható-e a kaszálórétek specialista fajainak fajgazdagsága. A kutatásban a magbank regenerációs potenciálját vizsgáltam zempléni kaszált és felhagyott kékperjés lápréteken és mezofil kaszálóréteken (Valkó et al. 2011). A kezelés és a gyeptípus vegetáció- és magbank jellemzőkre gyakorolt hatásait kétutas varianciaanalízissel elemeztem.

Eredményeink alapján a kaszálás fenntartása nélkülözhetetlen a hegyi kaszálórétek fajgazdagságának fenntartásához. A vegetáció valamint a dudvaneműek fajgazdagsága és virágzó hajtásszáma mindkét gyeptípus kaszált állományában szignifikánsan nagyobb volt, mint a felhagyott állományokban. A vegetáció és a magbank fajkészlete élesen elvált az NMDS ordináció első tengelye mentén, a két gyeptípus pedig a második tengely mentén (1. ábra). A kékperjés lápréteken a vegetáció fajainak egy része rendelkezett perzisztens magbankkal, azonban a magbank 64-90%-át szittyó fajok (*Juncus* spp.) adták. A mezofil kaszálóréteken a vegetáció és magbank hasonlósága, valamint a magbank denzitása és fajgazdagsága is kisebb volt, mint a kékperjés lápréteken. A vegetációban előforduló gyepi specialista fajok közül a kékperjés lápréteken 31, a mezofil kaszálóréteken 46 faj nem volt jelen a magbankban. A vegetációban megtalált 11 védett faj közül csupán a pettyes orbáncfű (*Hypericum maculatum*) rendelkezett számottevő magbankkal. Mindezek rámutatnak, hogy a magbank regenerációs potenciálja korlátozott a vizsgált élőhelyeken.



1. ábra. A kékperjés láprétek és mezofil kaszálórétek kaszált és felhagyott állományaiban a vegetáció és magbank fajösszetétele (Sørensen hasonlósági függvényvel számolt NMDS ordináció; stressz: 12,64). Jelölések: □ - kékperjés láprét, vegetáció, felhagyott; ▤ - kékperjés láprét, magbank, felhagyott; ■ - kékperjés láprét, vegetáció, kaszált; ▥ - kékperjés láprét, magbank, kaszált; ○ - mezofil kaszálórét, vegetáció, felhagyott; ⊖ - mezofil kaszálórét, magbank, felhagyott; ● - mezofil kaszálórét, vegetáció, kaszált; ⊙ - mezofil kaszálórét, magbank, kaszált. A fajneveket a nemzetség és a fajnév első négy betűjéből képzett mozaikszavakkal rövidítettem.

Az eredmények azt mutatják, hogy a fajgazdagság helyreállításához a kaszálás újrakezdése szükséges, de ez nem feltétlenül elégséges. Bár a vizsgált kékperjés láprétek és mezofil kaszálórétek fajkészlete hasonló, és állományaik együtt fordulnak elő, magbankjuk denzitása és fajösszetétele jelentősen eltér. A kékperjés láprétek magbankja biztosítja a közösség domináns fűfajainak és számos gyepi specialista fajnak a regenerációját a kezelés újrakezdését követően. A mezofil kaszálóréteken viszont a domináns fűfajok illetve a gyepi specialista fajok jelentős része nem rendelkezik magbankkal, így nem várható a kezelés újrakezdését követő regenerációjuk. Emiatt rekonstrukciójuk során a gyepi specialista fajok magjainak az érintett területre juttatása szükséges, például friss kaszálékkal vagy szénaráhordással. Tekintettel a hegyi kaszálórétek sérülékenységre, és a hozzájuk kötődő gyepi specialista fajok csekély magbankjára, kiemelten fontos a fennmaradt állományok megfelelő természetvédelmi kezelésének biztosítása.

Kaszálás és felhagyás hatásai hegyi kaszálórétek gyepi specialista fajaira és fitomassza összetételére

A rendszeres kaszálás szükségességét számos tanulmány hangsúlyozza a kompetitor fűfajok és a fásszárúak visszaszorítása, valamint az avar-felhalmozódás csökkentése miatt (Kahmen et al. 2002, Köhler et al. 2005). A kaszálás hatásai azonban sok esetben fajspecifikusak, így mint minden kezelésnél, a kaszálás esetében is vannak nyertes és vesztes fajok. A vizsgálatban arra a kérdésre kerestem a választ, hogy vajon a hegyi kaszálórétek növényfajai számára az évenkénti kaszálás-e a legmegfelelőbb természetvédelmi kezelés. A kutatás során két élőhelytípus (kékperjés láprét és mezofil kaszálórét) kaszált és felhagyott állományaiban vizsgáltam a fitomassza frakciókat, a fitomassza fajösszetételét és a gyepi specialista fajok fitomasszáját egy csapadékos és egy száraz évben a Zemplénben (Valkó et al. 2012). A kezelés és az év fitomassza frakciókra és a gyepi specialista fajok fitomasszájára gyakorolt hatásait lineáris kevert modellekkel határoztuk meg.

A kezelés szignifikáns hatással volt a fitomassza frakciók többségére mindkét gyeptípusban (1. táblázat). Az össz-fitomassza és az avar mennyisége a felhagyott állományokban volt nagyobb. A mezofil kaszálóréteken az év szignifikáns hatással volt az avar mennyiségére:

kezeléstől függetlenül az állományok többségében a száraz évben nagyobb volt az avar mennyisége, mint a csapadékos évben. A dudvaneműek és a gyepi specialista fajok össz-fitomasszájára a kezelés egyik gyeptípusban sem volt szignifikáns hatással. Mindkét gyeptípus kaszált állományaiban szignifikánsan nagyobb volt a dudvaneműek, és ezen belül a specialista fajok fajgazdagsága, mint a felhagyott állományokban. A kvantitatív karakterfajok IndVal eljárással történő elemzése alapján a kékperjés láprétek kaszált állományaiban 15, míg a felhagyott állományokban 4 specialista faj bizonyult szignifikáns karakterfajnak. A mezofil kaszálórétek kaszált állományaiban 11, a felhagyott állományokban pedig 3 specialista faj volt szignifikáns karakterfaj. A szignifikáns karakterfajok között egy védett faj, a kenyérbél cickafark (*Achillea ptarmica*) szerepelt, amely a felhagyott kékperjés láprétek karakterfaja volt.

1. táblázat. A kezelés (kaszálás/felhagyás) és az év (száraz/csapadékos év) fitomassza frakciókra gyakorolt hatásai a mezofil kaszálóréteken a lineáris kevert modellek (LME) eredményei alapján. A szignifikáns különbségeket ($p < 0,05$) félkövérrel jelöltem.

	Kezelés		Év		Kezelés × Év	
	t	p	t	p	t	p
<i>Kékperjés láprétek</i>						
Össz-fitomassza	9,95	<0,001	0,57	0,573	2,22	0,003
Avar	9,87	<0,001	1,43	0,157	2,20	0,032
Gyepi specialisták fitomasszája	0,97	0,336	1,61	0,113	2,01	0,048
Gyepi specialisták fajgazdagsága	2,79	0,007	0,49	0,627	1,33	0,187
<i>Mezofil kaszálórétek</i>						
Össz-fitomassza	6,74	<0,001	1,71	0,092	0,43	0,667
Avar	8,08	<0,001	3,23	0,002	1,53	0,131
Gyepi specialisták fitomasszája	1,73	0,088	0,18	0,860	1,16	0,250
Gyepi specialisták fajgazdagsága	4,32	<0,001	1,16	0,252	0,69	0,493

Az eredmények alapján a rendszeres kaszálás nélkülözhetetlen a hegyi kaszálórétek fajgazdagságának hosszú távú fenntartásához és a fűnemű fitomassza, valamint a felhalmozódott avar eltávolításához. A kaszálás azonban nem minden természetvédelmi szempontból értékes faj számára bizonyult megfelelő kezelési módszernek. Emiatt a specialista fajok megőrzéséhez a homogén és rendszeres, évente történő kaszálásnál kevésbé mechanisztikus, térben és időben mozaikos kaszálási rendszert érdemes alkalmazni (Kleyer 2007). Egyes száraz években a kaszálás

elhagyásával vagy bűvósávok meghagyásával több gyepi specialista fajt lehet megőrizni, valamint csökkenthetőek a természetvédelmi kezelés költségei is (Tälle et al. 2018). A vizsgált zempléni hegyi kaszálóréteken eredményeim alapján a képerjések kaszálását bizonyos években, különösen a száraz években el lehet hagyni. Bár az eredmények arra utalnak, hogy az időnkénti felhagyás kedvező hatással lehet számos specialista fajra, a kezelés hosszú távú elmaradása a fajgazdagság csökkenéséhez, és különösen a kistermetű, illetve rossz kompetíciós képességű specialista fajok eltűnéséhez vezet (Diemer et al. 2001). A rendszeres kaszálás különösen fontos a cserjésedés és beerdősödés megakadályozására (Poptcheva et al. 2009), ezért legalább három évente javasolt a kaszálás és a fásszárú újulat eltávolítása.

A kontrollált égetés alkalmazási lehetőségei és korlátai az európai gyepek természetvédelmi kezelésében

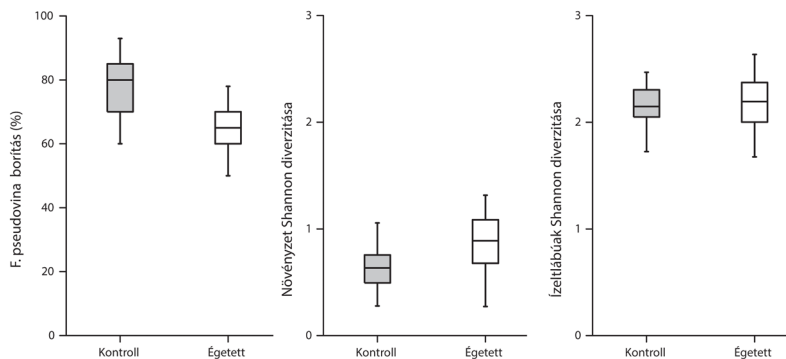
A kontrollált égetés európai alkalmazásával kapcsolatos lehetőségeket és korlátokat vizsgáltam, összegezve a kontrollált égetéssel foglalkozó európai kísérletes kutatások eredményeit és gyakorlati tapasztalatokat. Referenciaként a fajkészlet és éghajlat tekintetében az európaihoz leginkább hasonló észak-amerikai gyepekben végzett kontrollált égetéses tanulmányokat választottam és azt vizsgáltam, hogy az észak-amerikai tapasztalatokat mennyiben lehet az európai gyepek természetvédelmi kezelése során alkalmazni (Valkó et al. 2014). A vizsgálathoz az ISI Web of Knowledge elektronikus keresőrendszerben kerestem publikációkat, valamint az európai természetvédelmi szakemberek és kutatók gyepek égetésével kapcsolatos gyakorlati tapasztalatait egy kérdőíves felméréssel gyűjtöttem össze.

Rámutattam, hogy a gondosan tervezett és ellenőrzött, kísérleti jellegű kontrollált égetéses vizsgálatok nemcsak a gyepek természetvédelmi kezelésének újabb alternatíváit tárhatják fel, hanem jelentősen hozzájárulhatnak az évente jelentkező, komoly tüzesetek hatásainak értelmezéséhez is. A kontrollált égetés európai irodalmát áttekintve azt találtam, hogy a kevés publikált európai vizsgálat egy erősen leegyszerűsített égetési rendszert alkalmazott (Kahmen et al. 2002, Köhler et al. 2005). Az égetéses vizsgálatok tervezésénél nem a növényzet regenerációjához szükséges idő, hanem inkább a

kísérleti elrendezés optimalizációja volt a fő szempont. Az európai vizsgálatokban alkalmazott évi rendszerességű égetés nem ad elegendő időt a gyeptelep regenerációra, így mindenképpen a napjainkban használatnál ritkább égetési gyakoriságot javaslok. Az észak-amerikai gyeptelepek szerves részét képezi a kontrollált égetés (Fuhlendorf et al. 2009), és az eredmények számos területen alkalmazhatóak az európai gyepek természetvédelmi kezelésében. Eredményeim alapján az égetés nem csupán a kaszálás és legeltetés alternatívájaként járulhat hozzá a gyepek természetvédelmi kezeléséhez, hanem érdemi megoldást jelenthet olyan feladatokra, mint az inváziós fajok terjedésének és a gyepek cserjésedésének megakadályozása, emellett bizonyos veszélyeztetett fajok fajvédelmi programjában is kulcsszerepet tölthet be (Köhler et al. 2005, Page & Goldammer 2004).

Kontrollált égetés hatása szikes gyepek növényzetére és talajlakó ízeltlábú együtteseire

Természetvédelmi szempontból kiemelt jelentőségű, hogy részletes ismeretekkel rendelkezünk a kontrollált égetés taxon-specifikus hatásairól, mivel jelentősen eltérő hatása lehet az égetésnek a növényzetre, a növényzetlakó fajokra, a talajfaunára, de a növényzet eltérő regenerációs stratégiájú fajaira is. A kontrollált égetés információt szolgáltat a napjainkban egyre gyakoribb spontán tüzesetek kivédéséhez vagy a spontán tüzesetek káros hatásainak mérsékléséhez is. A természetvédelmi kezelések, így a kontrollált égetés tervezésénél fontos, hogy megismerjük a közösségeket alkotó fajok kezelésre adott válaszát, és olyan módszert válasszunk, ami a legtöbb élőlénycsoport számára kedvező és nem veszélyeztet egyetlen ritka, természetvédelmi szempontból értékes, megőrzendő fajt sem (Moretti et al. 2004). Egy kontrollált terepi kísérletben azt teszteltem, hogy alkalmas-e a kontrollált égetés ürmös szikes gyepek természetvédelmi kezelésére (Valkó et al. 2016d). A kutatás során a késő őszi nyugalmi időszakban alkalmazott kis léptékű, mozaikos, kontrollált égetés növényzetre, fitomassza frakciókra és talajlakó ízeltlábú taxonokra gyakorolt hatásait vizsgáltam. A vizsgált taxonok diverzitását, fajszámát és abundanciáját, illetve a fitomassza frakciók tömegét a kontroll és égetett mintaterületeken általánosított lineáris modellekkel vettem össze. A talaj paraméterek égetés előtti és égetés utáni értékeit ismételt mérések általánosított lineáris modellekkel hasonlítottam össze.



2. ábra. A *Festuca pseudovina* borítása, illetve a növényzet és a talajlakó ízeltlábúak Shannon diverzitása a kontroll (szürke) és égetett (fehér) szikes gyepekben.

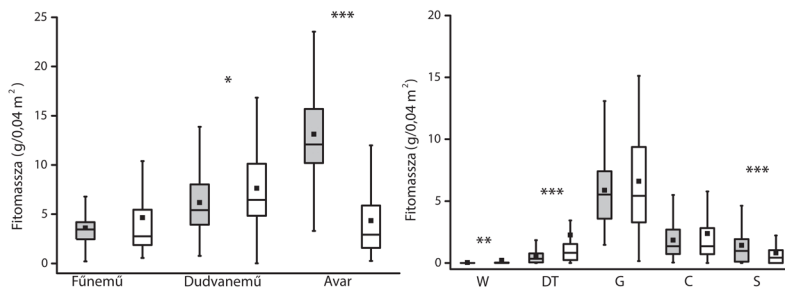
Eredményeim alapján szikes gyepekben a tűz kontrollált alkalmazása egy ígéretes gyepterkeztési módszer, mert természetvédelmi szempontból kedvező hatása van. A vizsgált szikes gyepekben égetést követően csökkent a domináns fűfaj, a veresnadrág csenkesz (*Festuca pseudovina*) borítása és fitomasszája (2. ábra) és nőtt a talaj sótartalma. Mindezek kedvező feltételeket biztosítottak a szikes gyepekre jellemző specialista fajok számára, így égetést követően nőtt a növényfajok fajgazdagsága és virágzó hajtásszáma is (2. ábra). A legtöbb vizsgálattal ellentétben (lásd Swengel 2001 áttekintő tanulmányát) azt találtam, hogy az égetést követően nem csökkent a vizsgált talajlakó ízeltlábú taxonok (futóbogarak, pókok, ászkák és holyvák) egyedszáma, fajszáma és diverzitása sem (2. ábra). Mivel az égetést a vegetációs időszak végén végeztük, már számos faj a mélyebb talajrétegekbe húzódott, így nem károsította őket a tűz. Ennek oka, hogy mozaikosan végeztük az égetést, így az ízeltlábúak a le nem égetett területekről újra be tudták népesíteni a területet (Panzer 2002). Eredményeim alapján szikes gyepekben a nyílt tájszerkezet és a gyepi specialista fajok populációinak fenntartására egyaránt alkalmas módszer lehet a mozaikosan kivitelezett kontrollált égetés.

Rendszeres kontrollálatlan égetés hatása a lejtősztyepprétek specialista fajaira

A természetvédelmi céllal megtervezett égetés szempontjából kulcsfontosságú, hogy a kezelés intenzitása, kiterjedése és gyakorisága alkalmas legyen a felhalmozódott avar eltávolítására és a nyílt tájszerkezet fenntartására, de ne károsítsa a gyepek specialista fajait (Valkó et al. 2014). Az eddigi európai vizsgálatok főként két szélsőséges állapotot vizsgáltak: az évi rendszerességgel, illetve az egyszeri alkalommal végzett égetés gyepek élővilágára gyakorolt hatását. Az évente végzett égetés egyértelműen káros a gyepek biodiverzitására, mivel a nem tűzadaptált élőhelyek specialista fajai nem képesek hosszú távon az ilyen gyakori tüzeket követően regenerálódni, továbbá a gyakori tüzek segítik számos erős kompetitor fűfaj és a fás szárú fajok terjedését is (Michielsen et al. 2017; Valkó et al. 2014). Az egyszeri alkalommal végzett égetés számos tekintetben pozitív hatású a gyepek növény- és állatvilágára (lásd Page & Goldammer 2004, Valkó et al. 2016d).

Közép- és Kelet-Európa számos országában, különösen a hegylábi területeken elterjedt gyakorlat a nagy kiterjedésű domboldalak gyepeinek rendszeres tavaszi égetése. A kutatás során rendszeresen égetett és nem égetett (kontroll) lejtősztyepek fitomasszájának fajösszetételét vizsgáltam az Aggteleki Nemzeti Parkban (Valkó et al. 2018b). Ez a mintavételi elrendezés lehetővé teszi, hogy egy széles körben elterjedt, de eddig kevésbé vizsgált égetési gyakorlat hatásait megértsük. Általánosított lineáris kevert modellekkel elemeztem a kezelés fitomassza frakciókra, illetve a funkcionális csoportok fajgazdagságára és fitomasszájára gyakorolt hatásait.

Az eredmények alapján a rendszeres égetés ugyan alkalmas az avarfelhalmozódás csökkentésére, de nem alkalmas a fajgazdag gyepek fenntartására. A rendszeresen égetett gyepekben szignifikánsan nagyobb volt az élő és dudvanemű fitomassza, és szignifikánsan kisebb volt az avar mennyisége, mint a kontroll gyepekben (3. ábra). A kontroll gyepekben nagyobb volt a növényzet Shannon diverzitása és több volt a virágzó fajok száma, a virágzó hajtásszám és a virágzó fajok aránya, mint az égetett területeken. A gyomok és zavarástűrő fajok fitomasszája az égetett, míg a specialista fajok fitomasszája a kontroll területeken volt nagyobb (3. ábra).



3. ábra. (A) A fő fitomassza frakciók (fűnemű-, dudvanemű fitomassza és avar) tömege, illetve (B) a szociális magatartási típusok alapján képzett funkcionális csoportok [gyomok (W), zavarástűrők (DT), generalisták (G), kompetítorok (C) és specialisták (S)] fitomasszája a kontroll (szürke) és égetett (fehér) gyepekben. Az LSD teszt alapján szignifikánsan elváló csoportokat csillagokkal jelöltem. Jelölések: *** - $p < 0,001$; ** - $p < 0,01$; * - $p < 0,05$.

A rendszeres égetés növelte az élő fitomassza mennyiségét és csökkentette az avar-felhalmozódást (lásd még Köhler et al. 2005, Valkó et al. 2016d). Mindezek ellenére eredményeim azt igazolták, hogy a gyakori égetés hosszú távon károsan hat a gyepi specialista fajokra, éppen ezért nem javasolható a vizsgált fajgazdag lejtősztyepprétek természetvédelmi kezelésére. Kimutattam, hogy a rendszeres égetésre leginkább a sztyeppi flóraelemek, illetve az élőhely-specialista fajok érzékenyek (Milberg et al. 2014), köztük olyan védett fajok, mint a fehér zanót (*Chamaecytisus albus*), apró nőszirm (*Iris pumila*) és leánykökörcsin (*Pulsatilla grandis*). Így a kontrollálatlan és túl gyakori égetés pont a gyepek legértékesebb fajait veszélyezteti. Ezek alapján a Közép- és Kelet-Európa számos országában jellemző, rutinszerűen és kontroll nélkül végzett égetés gyakorlata komoly veszélyt jelent a gyepek fajgazdagságára. Eredményeim rámutatnak, hogy az égetéses gyepterkezelés egyik kulcsfontosságú pontja a tűz gyakoriságának megfelelő megválasztása, amit semmiképpen nem a teljes gyeppállomány szintjén, hanem kontrollált, kis léptékű vizsgálatokkal kell tesztelni.

Passzív és aktív gyeprekonstrukció alkalmazhatósága a biodiverzitás és ökoszisztéma szolgáltatások helyreállítására

A mezőgazdasági termelés világszintű intenzifikációja miatt a kevésbé termékeny talajokon levő szántóterületeket számos térségben kivonják a művelésből (Hobbs & Cramer 2007). A felhagyott szántók hasznosításának egyik ígéretes módja a termőhelynek megfelelő gyepi növényzet helyreállítása (Török et al. 2011). A kutatás során két kezelésnek, a spontán gyepregenerációnak és a magvetéses gyeprekonstrukciónak a hatékonyságát teszteltem az ökoszisztéma szolgáltatások (gyomok visszaszorítása, fitomassza produkció) és a gyepi biodiverzitás helyreállítása szempontjából. Spontán regenerálódó és magvetéssel gyepesített felhagyott lucernások növényzetének regenerációját, valamint a gyepesítési módszerek költséghatékonyságát vizsgáltam a Hortobágyi Nemzeti Parkban (Valkó et al. 2016c). A spontán regenerálódó és magvetéssel gyepesített területek, valamint a referencia gyepek növényzetének és fitomasszájának jellemzőit általánosított lineáris modellekkel elemeztem.

A növényzet fajgazdagsága és Shannon diverzitása a spontán regenerálódó területeken nagyobb volt a magvetéssel gyepesített területekhez képest. Ezt egyrészt a gyomok, másrészt a spontán megtelepedő gyepi specialista fajok nagyobb fajgazdagsága és borítása okozta. A magvetéssel gyepesített területeken volt a legnagyobb a gyepi specialista fajok össz-borítása, a vetett fűvek nagy borítása miatt. A rekonstrukció első évében a spontán regeneráció költségigénye a legkisebb (mintegy 11.440 Ft/ha). A saját aratású mag használatával mintegy 62.890 Ft/ha a magvetés elsőéves költsége, kereskedelmi forgalomban vásárolt mag használata esetén pedig 147.090 Ft/ha. A rekonstrukció gazdaságosságát jelentősen növelheti, ha a rekonstruált területen a területkezelő a gyeptelepítés megvalósításához igénybe veszi az agrár-környezetvédelmi támogatás nyújtotta lehetőségeket. Ez esetben mind a spontán regeneráció mind a saját aratású magkeverék vetése már az első évtől kezdve jövedelmező.

Eredményeim alapján a felhagyott szántóterületek gyepesítése jelentősen hozzájárul a gyepi fajok biodiverzitásának és az ökoszisztéma szolgáltatások (fitomassza produkció, gyomok visszaszorítása) helyreállításához. Kimutattam, hogy felhagyott lucernaföldeken mind a

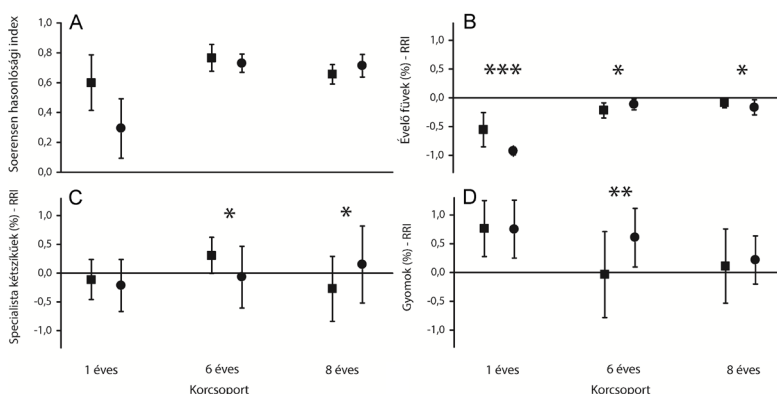
spontán gyepregeneráció mind a magvetéses gyeprekonstrukció ígéretes eredményeket ad. Természetvédelmi szempontból jelentős eredmény, hogy mindkét esetben egy jellemzően öt éves futamidejű pályázati ciklus alatt is sikeres gyepregenerációra számíthatunk. Az eredmények alapján a spontán regenerálódó gyepekben nagyobb számban fordulnak elő spontán megtelepedő specialista fajok, mivel az évelő füvek kis borítása és a kismértékű avar-felhalmozódás nem okoz jelentős mikroélőhely-limitáltságot (lásd Valkó et al. 2016b). Az évelő füvek kis borítása miatt azonban hosszabb időt vesz igénybe a gyep záródása, és bár nem jelentős a gyomosodás, hosszabb ideig tart, mint a magvetéses gyepesítést követően. A magvetéses gyeprekonstrukció előnye, hogy a vetett füvek néhány év alatt zárt gyeptakarót hoznak létre, ami sikeresen visszaszorítja a gyomokat (Török et al. 2011). A kialakult zárt növényzet illetve a felhalmozódott avar azonban jelentősen csökkenti a spontán megtelepedő specialista fajok fajgazdagságát (Valkó et al. 2016b).

Spontán gyepregeneráció sikeressége vonalas tájelemek felszámolását követően

A vonalas tájelemek (utak, vasutak, csatornák, közmű vezetékek) sűrűn behálózzák a természetes élőhelyeket. Nyugat-Európa szárazföldi területeinek egyharmadát lecsapoló- vagy öntöző csatornák hálózatként be. A vonalas tájelemek építése, használata és karbantartása egyaránt jelentős természet- és környezetvédelmi problémákat okoz (van der Ree et al. 2015). Emiatt a természetvédelmi területeken különösen fontos a jelen levő vonalas tájelemek hatásainak megismerése, illetve a használaton kívüli elemek felszámolása (Hoenke et al. 2014). A vonalas létesítmények felszámolásával összekapcsolhatók az egykor összefüggő gyep-fragmentumok, eltüntethetők a tájsebek és táji szinten is helyreállíthatók az ökoszisztéma funkciók (Deák et al. 2015).

A kutatás során három szikes gyeptípus spontán gyepregenerációját vizsgáltam hortobágyi lecsapoló csatornák betemetését követően tér-idő helyettesítési módszerrel (Valkó et al. 2017). Mivel a rekonstruált területek (betemetett csatornák) és a rekonstrukció célállapota (környező gyepek) közvetlenül egymás mellett helyezkedtek el, így lehetőség volt a gyepregeneráció sikerességét direkt módon értékelni. Az értékelés szempontjai a regenerálódó területek és a céltársulások fajkészletének hasonlósága, az évelő füvek borítása, a gyepi specialista

fajok fajgazdagsága és a gyomok borítása voltak. A környező mátrix (csatornát határoló gyeptípus), a célterülettől való távolság és a szukcessziós kor hatását vizsgáltam a gyeptegeneráció sikerességére. A rekonstruált és célterületek növényzetének összehasonlítására a Relative Response Indexet (RRI) használtam (Armas et al. 2004), amelyet általában ökofiziológiai és élettani vizsgálatokban alkalmaznak a kezelések és kontroll direkt összevetésére. Élőhely-rekonstrukciós programok eredményeinek értékelésére elsőként a jelen vizsgálatban használtuk az indexet.



4. ábra. A nyomvonalak és referencia gyepek fajkészletének Sørensen hasonlósági indexe, valamint az évelő fűfajok, gyepi specialista kétszikűek és gyomfajok borítására számolt Relative Response Index-ek (RRI). Az RRI értékeket a nyomvonalakon feljegyzett borításértékek illetve az környező *Achilleo-Festucetum* gyepekben talált borításértékek alapján számoltam. A négyzetek a szegély zónát, a körök a központi zónát jelölik. A csillagok a zónák közötti szignifikáns különbségeket jelölik (t-teszt, *** - $p < 0,001$; ** - $p < 0,01$; * - $p < 0,05$).

A nyomvonalak növényzetének fajösszetétele a szukcesszió előrehaladtával egyre hasonlóbba vált a referencia gyepekéhez mindhárom vizsgált gyeptípusban (4. ábra). A gyeptől való távolság csökkenésével nőtt a nyomvonal és gyepterület növényzetének hasonlósága. Az 1 éves nyomvonalak növényzetére nagy fajgazdagság volt jellemző, ami a szukcesszió előrehaladtával csökkent és egyre hasonlóbba vált a referencia gyepekéhez. A szukcesszió előrehaladtával minden vizsgált jellemzőre számított RRI értékek a nullához közeledtek, vagyis a rekonstruált területek növényzete egyre inkább hasonlóbba

vált a referencia gyepekéhez. Az élő fűvek illetve a gyepi specialista kétszikűek borítása nőtt, míg a gyomok borítása csökkent a kor előrehaladtával, a nyomvonalakon jellemző értékek egyre inkább hasonlóvá váltak a referencia gyepekéhez (4. ábra).

Eredményeim azt mutatják, hogy a vonalas tájelemek felszámolását követően a spontán gyepregeneráció gyors és eredményes, mivel a nyomvonalak kis terület/kerület aránya segíti a környező élőhelyekről a gyepi specialista fajok betelepülését (lásd Walker et al. 2014). Kimutattam, hogy a fajkészlet 6-8 év alatt regenerálódott és az élő fűvek és a gyepi specialista kétszikű fajok borítása a referencia gyepekhez hasonlóvá vált és a gyomok borítása jelentősen csökkent. Eredményeim alapján a Relative Response Index egy a restaurációs projektek sikerességét objektív és általánosítható módon tükröző mutató, amellyel nem csupán a rekonstruált terület növényzetének abszolút változásait vizsgálhatjuk, hanem ezeket a folyamatokat a célállapothoz képest is tudjuk értékelni. Különösen olyan esetekben javaslom az index alkalmazását, amikor a rekonstruált területek közelében megtalálhatók a referencia gyepek, így egyértelműen azonosítható a célállapot. Eredményeim alapján a fajgazdagságon alapuló értékelési szempontok mellett javaslom a vegetáció struktúrájának állapotát és változását kifejező mutatók használatát a rekonstrukció sikerességének értékelésére. Ilyen mutatók a rekonstruált és referencia gyepek fajkészletének hasonlósága, valamint az élő fűfajok, a gyepi specialista kétszikű fajok és a gyomok borítása. Ezen szempontok alapján a Relative Response Index segítségével összevethetők az eltérő módszerekkel és eltérő élőhelyeken végzett rekonstrukciós projektek eredményei is.

Megtelepedési ablakok – Új módszer a gyepi biodiverzitás növelésére, valamint a propagulum- és mikroélőhely-limitáltság csökkentésére

A degradált és fajszegény gyepekben a specialista fajok betelepülését egyrészt a zárt gyeptakaró és a felhalmozódott avar okozta mikroélőhely-limitáltság, másrészt a propagulum-limitáltság gátolja (Moore & Elmendorf 2006). Jelen vizsgálatban egy új módszert – a megtelepedési ablakok létrehozását – dolgoztam ki és teszteltem a fajszegény gyepek biodiverzitásának növelésére (Valkó et al. 2016c). A

módszer kidolgozását az a kutatási hipotézis motiválta, hogy a vetett füvekből álló gyeptakaró feltörésével a megtelepedési ablakokban csökken a mikroélőhely-limitáltság, ami elősegíti a gyepi specialista fajok megtelepedését. A propagulum-limitáltság megszüntetésére diverz magkeveréket vetettünk a felnyitott megtelepedési ablakokban. A vetést követő két évben felmértük az ablakok növényzetében a vetett és nem vetett fajok borítását. A vetett fajok és a gyomok megtelepedési sikerességét az ablak méret, a kezelés és a gyeptípus függvényében értékeltem lineáris kevert modellekkel.

A módszer sikerességét jelzi, hogy a 35 vetett faj mindegyike megtelepedett az ablakokban. A legsikeresebb faj a magyar szegfű (*Dianthus pontederæ*) volt, amelynek borítása minden ablak típusban nőtt az első évről a másodikra. Az ablakméret szignifikáns hatással volt az össz-borításra, valamint a vetett fajok borítására. A vetett fajok borítása a legnagyobb méretű ablakokban volt a legnagyobb; átlag borításuk 30% volt a legkisebb méretű 1 m × 1 m-es ablakokban és 56% a legnagyobb méretű 4 m × 4 m-es ablakokban. A gyomok borítása hasonló volt a különböző típusú ablakokban és csökkent az első évről a másodikra. A legelt ablakokban a növényzet össz-borítása szignifikánsan kisebb, míg az évelő fajok borítása nagyobb volt a bekerített ablakokhoz képest. A vetett fajok és a gyomok borítása nem különbözött a legelt és bekerített ablakokban.

Az eredmények alapján a megtelepedési ablakok alkalmasak a mikroélőhely- és propagulum-limitáltság csökkentésére, és ezáltal a gyepesített területek fajgazdagságának növelésére. A mikroélőhely-limitáltságot a zárt gyeptakaró felnyitásával, a propagulum-limitáltságot pedig diverz magkeverék vetésével csökkentettük. Eredményeink arra utalnak, hogy a módszer széles körben alkalmazható olyan gyepekben, ahol nem számíthatunk gyepi specialista fajok spontán megtelepedésére, mert nincsenek jelen a tájban a fajok propagulumai és a zárt gyeptakaró nem biztosít megfelelő feltételeket a megtelepedésükhöz. Kimutattam, hogy a gyepi specialista fajok megtelepedése szempontjából a nagyobb méretű, 4 m × 4 m-es ablakok létrehozása a leghatékonyabb, és az ablakméret növelése nem növeli a gyomosodás mértékét. Eredményeim alapján nem szükséges a megtelepedési ablakok elkerítése, mivel a legelés nincs negatív hatással a célfajok megtelepedésére és nem növeli a gyomosodás mértékét. A módszer a természetvédelmi gyakorlatban minimális ráfordítással könnyen megvalósítható lehetőséget kínál a gyepek biodiverzitásának növelésére.

Az eredmények összegzése pontokba szedve

- ❖ Kutatásaim során kimutattam, hogy az egymás mellett előforduló és hasonló fajkészletű kékperjés láprétek és mezofil kaszálórétek magbankja jelentősen eltér egymástól, ezért egykori fajgazdagság helyreállításához eltérő természetvédelmi kezelések szükségesek. A kékperjés láprétek magbankja részben biztosítja a közösség domináns fűfajainak és számos gyepi specialista fajnak a regenerációját. A mezofil kaszálóréteken viszont a közösség fajainak legnagyobb része nem rendelkezik magbankkal, így sikeres rekonstrukciójukhoz a gyepi specialista fajok magjainak aktív bejuttatása szükséges.
- ❖ A természetvédelmi kezelésként alkalmazott kaszálás és égetés hatásait vizsgáló kutatásaim eredményei alapján a térben és időben mozaikos kezelés tartja fent a legnagyobb fajgazdagságot, mivel több gyepi specialista faj együttes előfordulását teszi lehetővé. A jelenlegi kezelési gyakorlat illetve a támogatási rendszerek általában nagy területek homogén kezelését írják elő, ami eredményeink alapján számos extenzív kezelési rendszerekhez alkalmazkodott specialista fajt érint hátrányosan.
- ❖ Kimutattam, hogy a kontrollált égetés nem csupán a kaszálás és legeltetés alternatívájaként járulhat hozzá a gyepek természetvédelmi kezeléséhez. Az égetéses gyepterkezelés új megoldást jelenthet olyan feladatokra, mint az inváziós és fásszárú fajok elleni védekezés, emellett bizonyos veszélyeztetett fajok fajvédelmi programjában is kulcsszerepet tölthet be.
- ❖ A kontrollált égetés európai gyakorlatát áttekintve kimutattam, hogy a rendelkezésre álló publikált vizsgálatok erősen leegyszerűsített égetési rendszert alkalmaztak. Az európai vizsgálatokban alkalmazott évi rendszerességgű égetés nem ad elegendő időt a gyeptelep regenerációra, így természetvédelmi szempontból ennél ritkább égetési gyakoriság javasolható.
- ❖ Rámutattam, hogy az észak-amerikai gyepterkezelés szerves részét képezi a kontrollált égetés, és a tanulmányok tapasztalatai alapján számos ponton fejleszthető a kontrollált égetés európai gyakorlata. Az amerikai példák alapján kontrollált terepi kísérleteket javasoltam az európai gyeptípusokban az égetéses kezelési rendszer főbb paramétereinek, vagyis a tűz intenzitásának, időzítésének és gyakoriságának megállapításához.

- ❖ Eredményeim alapján a gyepek kezelése során nagyon fontos a megfelelő kezelési gyakoriság, mivel mind a túl ritkán mind a túl gyakran végzett kezelés a specialista fajok mennyiségének és fajgazdagságának csökkenéséhez vezet. Magyarországi lejtősztyepek vizsgálata során kimutattam, hogy a rendszeres, a természetes tüzek előfordulási gyakoriságánál jóval gyakrabban végzett égetés a nem tűzadaptált élőhelyek specialista fajainak visszaszorulásához vezet.
- ❖ Eredményeim alapján szikes gyepekben a nyílt tájszerkezet fenntartására és a gyepi specialista fajok populációinak növelésére egyaránt alkalmas módszer lehet a foltokban, mozaikosan kivitelezett kontrollált égetés. Égetést követően csökkent a domináns veresnadrág csenkesz (*Festuca pseudovina*) borítása és fitomasszája és nőtt a talaj sótartalma. Mindezek kedvező feltételeket biztosítottak a szikes gyepekre jellemző specialista fajok számára, így égetést követően nőtt a növényfajok fajgazdagsága és virágzó hajtásszáma is.
- ❖ A késő őszi, mozaikosan végzett kontrollált égetést követően nem csökkent a vizsgált talajlakú ízeltlábú taxonok (futóbogarak, pókok, ászkák és holyvák) egyedszáma, fajszáma és diverzitása. A vegetációs időszak végén már számos faj a mélyebb talajrétegekbe húzódik, így ebben az időszakban nem károsítja az egyedeket a tűz. A kis kiterjedésű foltokban végzett égetés előnye, hogy az ízeltlábúak a környező le nem égetett területekről újra be tudják népesíteni a területet.
- ❖ Eredményeim alapján a felhagyott szántóterületek gyepesítése jelentősen hozzájárul az ökoszisztéma szolgáltatások helyreállításához. Kimutattam, hogy felhagyott lucernaföldeken mind a spontán gyepregeneráció mind a magvetéses gyeprekonstrukció ígéretes eredményeket ad. Természetvédelmi szempontból jelentős eredmény, hogy mindkét esetben egy jellemzően öt éves futamidejű pályázati ciklus alatt is sikeres gyepregenerációra számíthatunk.
- ❖ Gyeprekonstrukciós vizsgálataimban kimutattam, hogy a spontán regenerálódó gyepekben nagyobb számban fordulnak elő spontán megtelepedő specialista fajok, mivel az élő füvek kis borítása és a kismértékű avar-felhalmozódás nem okoz jelentős mikroélelőhely-

limitáltságot. Az élő füvek kis borítása miatt azonban hosszabb időt vesz igénybe a gyepterelődés, és bár nem jelentős a gyomosodás mértéke, a gyomok hosszabb ideig jelen vannak a növényzetben, mint a magvetéses gyepesítést követően.

- ❖ Európa egyik legnagyobb, 760 hektárra kiterjedő tájleptékkű gyeprekonstrukciós kutatása során rámutattam, hogy a magvetéses gyeprekonstrukció előnye, hogy a vetett füvek néhány év alatt zárt gyeptakarót hoznak létre, ami sikeresen visszaszorítja a gyomokat. A kialakult zárt növényzet illetve a felhalmozódott avar azonban jelentősen csökkenti a spontán megtelepedő specialista fajok fajgazdagságát.
- ❖ Eredményeim alapján természetes tájakban a vonalas tájelemek felszámolását követően a spontán gyepregeneráció gyors és eredményes, mivel a nyomvonalak kis terület/kerület aránya segíti a környező élőhelyekről a gyepi specialista fajok betelepülését. Mind a fajkészlet, mind a gyep fő funkcionális jellemzői 6-8 év alatt regenerálódik, az élő füvek és a gyepi specialista kétszikű fajok borítása a referencia gyepekhez hasonlóvá válik és a gyomok borítása jelentősen csökken.
- ❖ Kimutattam, hogy a Relative Response Index egy a restaurációs projektek sikerességét objektív és általánosítható módon tükröző mutató. Különösen olyan esetekben javaslom az index alkalmazását, amikor a rekonstruált területek közelében megtalálhatóak a referencia gyepek, így egyértelműen azonosítható a cél-állapot.
- ❖ Eredményeim alapján a fajgazdagságon alapuló értékelési szempontok mellett javaslom a vegetáció struktúrájának állapotát és változását kifejező mutatók használatát a rekonstrukció sikerességének értékelésére. Ilyen mutatók a rekonstruált és referencia gyepek fajkészletének hasonlósága, valamint az élő fűfajok, a gyepi specialista kétszikű fajok és a gyomok borítása.
- ❖ Kidolgoztam egy új módszert, a „megtelepedési ablakok” létesítését, amellyel költséghatékonyan növelhető a gyepekre jellemző specialista fajok diverzitása rekonstruált gyepekben. A módszer széles körben alkalmazható olyan gyepekben, ahol nem számíthatunk a gyepi specialista fajok spontán megtelepedésére, mert nincsenek jelen a tájban a fajok propagulumai vagy a zárt gyeptakaró nem biztosít

megfelelő feltételeket a megtelepedésükhöz. A mikroélőhely-limitáltságot a zárt gyeptakaró felnyitásával, a propagulum-limitáltságot pedig diverz magkeverék vetésével csökkentettük.

- ❖ Kimutattam, hogy a 4 m × 4 m-es ablakokban volt a legnagyobb a gyepi specialista fajok borítása. A gyomok borítása kicsi volt a megtelepedési ablakokban, és az ablakméret nem növelte a gyomosodás mértékét. Az eredmények alapján a természetvédelmi gyakorlatban a 4 m × 4 m-es ablakok létrehozását javaslom a degradált gyepek és a vázfajokkal restaurált fajszegény gyepek biodiverzitásának növelésére.
- ❖ Eredményeim azt mutatják, hogy nem szükséges a megtelepedési ablakok elkerítése, mivel a legelés nincs negatív hatással a célfajok megtelepedésére és nem növeli a gyomosodás mértékét sem. A módszer a természetvédelmi gyakorlatban minimális ráfordítással könnyen megvalósítható lehetőséget kínál a gyepek biodiverzitásának növelésére.

Irodalomjegyzék

- Armas C., Ordiales R., Pugnaire F. 2004: Measuring plant interactions: a new comparative index. *Ecology* 85: 2682-2686.
- Bossuyt B., Honnay O. 2008: Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. *J Veg Sci* 19: 875-884.
- Deák B., Valkó O., Török P., Kelemen A., Miglécz T., Szabó Sz., Szabó G., Tóthmérész B. 2015: Micro-topographic heterogeneity increases plant diversity in old stages of restored grasslands. *Basic Appl Ecol* 16: 291-299.
- Deák B., Valkó O., Török P., Kelemen A., Bede Á., Csathó A., Tóthmérész B. 2018: Landscape and habitat filters jointly drive richness and abundance of specialist plants in terrestrial habitat islands. *Landsc Ecol* 33: 1117-1132.
- Dengler J., Janišová M., Török P., Wellstein C. 2014: Biodiversity of Palaearctic grasslands: a synthesis. *Agric Ecosyst Environ* 182: 1-14.
- Diemer M., Oetiker K., Billeter R. 2001: Abandonment alters community composition and canopy structure of Swiss calcareous fens. *Appl Veg Sci* 4: 237-246.

- Fuhlendorf S., Engle D., Kerby J. Hamilton R. 2009: Pyric herbivory: Rewilding landscapes through the recoupling of fire and grazing. *Conserv Biol* 23: 588-598.
- Hobbs R., Cramer V. 2007: Why Old Fields? Socioeconomic and ecological causes and consequences of land abandonment. In: Cramer V., Hobbs R. (szerk.), *Old fields: dynamics and restoration of abandoned farmland*. pp. 1-15. Island Press, Washington
- Hoenke K., Kumar M., Batt L. 2014: A GIS based approach for prioritizing dams for potential removal. *Ecol Eng* 64: 27-36.
- Jones H.P., Jones P.C., Barbier E.B., Blackburn R.C., Rey Benayas J.M., Holl K.D., McCrackin M., Meli P., Montoya D., Mateos D.M. 2018: Restoration and repair of Earth's damaged ecosystems. *Proc Royal Soc B* 285 doi: 10.1098/rspb.2017.2577.
- Kahmen S., Poschlod P., Schreiber K.-F. 2002: Conservation management of calcareous grasslands. Changes in plant species composition and response of functional traits during 25 years. *Biol Conserv* 104: 319-324.
- Kiss R., Deák B., Török P., Tóthmérész B., Valkó O. 2018: Grassland seed bank and community resilience in a changing climate. *Restor Ecol* 26: S141-S150.
- Kleyer M. 2007: Mosaic cycles and conservation management. *Basic Appl Ecol* 8: 293-294.
- Köhler B., Gigon A., Edwards P., Krüsi B., Langenauer R., Lüscher A., Ryser P. 2005: Changes in the species composition and conservation value of limestone grasslands in Northern Switzerland after 22 years of contrasting managements. *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 7: 51-67.
- Michielsen M., Szemák L., Fenesi A., Nijs I., Ruprecht E. 2017: Resprouting of woody species encroaching temperate European grasslands after cutting and burning. *Appl Veg Sci* 20: 388-396.
- Milberg P., Akoto B., Bergman K., Fogelfors H., Paltto H., Tälle M. 2014: Is spring burning a viable management tool for species rich grasslands? *Appl Veg Sci* 17: 429-441.
- Moore K., Elmendorf S. 2006: Propagule vs. niche limitation: untangling the mechanisms behind plant species' distributions. *Ecol Lett* 9: 797-804.
- Moretti M., Obrist M., Duelli P. 2004: Arthropod biodiversity after forest fires: winners and losers in the winter fire regime of the southern Alps. *Ecography* 27: 73-186.

- Page H., Goldammer J. 2004: Prescribed burning in landscape management and nature conservation: The first long-term pilot project in Germany in the Kaiserstuhl viticulture area, Baden-Württemberg, Germany. *Int Forest Fire News* 30: 9-58.
- Palmer M.A., Zedler J.B., Falk D.A. 2016: Foundations of Restoration Ecology. Island Press, Washington, D.C., 552 pp.
- Panzer R. 2002: Compatibility of prescribed burning with the conservation of insects in small, isolated prairie reserves. *Conserv Biol* 16:1296-1307.
- Poptcheva K., Schwartz P., Vogel A., Kleinebecker T., Hölzel N. 2009: Changes in wet meadow vegetation after 20 years of different management in a field experiment (North-West Germany). *Agr Ecosyst Environ* 134: 108-114.
- Swengel A.B. 2001: A literature review of insect responses to fire, compared to other conservation managements of open habitat. *Biodivers Conserv* 10: 1141-1169.
- Tälle M., Deák B., Poschlod P., Valkó O., Westerberg L., Milberg P. 2018: Similar effects of different mowing frequencies on the conservation value of semi-natural grasslands in Europe. *Biodivers Conserv* 10: 2451-2475.
- Török P., Vida E., Deák B., Lengyel Sz., Tóthmérész B. 2011: Grassland restoration on former croplands in Europe: an assessment of applicability of techniques and costs. *Biodivers Conserv* 20: 2311-2332.
- Valkó O., Török P., Tóthmérész B., Matus G. 2011: Restoration potential in seed banks of acidic fen and dry-mesophilous meadows: Can restoration be based on local seed banks? *Restor Ecol* 19: 9-15.
- Valkó O., Török P., Matus G., Tóthmérész B. 2012: Is regular mowing the most appropriate and cost-effective management maintaining diversity and biomass of target forbs in mountain hay meadows? *Flora* 207: 303-309.
- Valkó O., Török P., Deák B., Tóthmérész B. 2014: Review: Prospects and limitations of prescribed burning as a management tool in European grasslands. *Basic Appl Ecol* 15: 26-33.
- Valkó O., Zmihorski M., Biurrun I., Loos J., Labadessa R., Venn S. 2016a: Ecology and conservation of steppes and semi-natural grasslands. *Hacquetia* 15: 5-14.
- Valkó O., Deák B., Török P., Kirmer A., Tishew S., Kelemen A., Tóth K., Migléczi T., Radóczy Sz., Sonkoly J., Tóth E., Kiss R., Kapocsi I., Tóthmérész B. 2016b: High-diversity sowing in establishment

- gaps: A promising new tool for enhancing grassland biodiversity. *Tuexenia* 36: 359-378.
- Valkó O., Deák B., Török P., Kelemen A., Miglécz T., Tóth K., Tóthmérész B. 2016c: Abandonment of croplands: problem or chance for grassland restoration? Case studies from Hungary. *Ecosys Health Sustain* 2: e01208.
- Valkó O., Deák B., Magura T., Török P., Kelemen A., Tóth K., Horváth R., Nagy D.D., Debnár Zs., Zsigrai G., Kapocsi I., Tóthmérész B. 2016d: Supporting biodiversity by prescribed burning in grasslands – a multi-taxa approach. *Sci Total Environ* 572: 1377-1384.
- Valkó O., Deák B., Török P., Kelemen A., Miglécz T., Tóthmérész B. 2017: Filling up the gaps – Passive restoration does work on linear landscape scars. *Ecol Eng* 102: 501-508.
- Valkó, O., Venn, S., Zmihorski, M., Biurrun, I., Labadessa, R., Loos, J. 2018a: The challenge of abandonment for the sustainable management of Palaeartic natural and semi-natural grasslands. *Hacquetia* 17(1): 5-16.
- Valkó O., Kelemen A., Miglécz T., Török P., Deák B., Tóth K., Tóth J., Tóthmérész B. 2018b: Litter removal does not compensate detrimental fire effects on biodiversity in regularly burned semi-natural grasslands. *Sci Total Environ* 622-623: 783-789.
- van der Ree R., Smith D., Grilo C. 2015: Handbook of Road Ecology. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Walker L., Hölzel N., Marrs R., del Moral R., Prach, K. 2014: Optimization of intervention levels in ecological restoration. *Appl Veg Sci* 17: 187-192.

Az értekezés alapjául szolgáló közlemények

- Valkó O., Török P., Tóthmérész B., Matus G. 2011: Restoration potential in seed banks of acidic fen and dry-mesophilous meadows: Can restoration be based on local seed banks? *Restoration Ecology* 19: 9-15. [IF2011: 1.681]
- Valkó O., Török P., Matus G., Tóthmérész B. 2012: Is regular mowing the most appropriate and cost-effective management maintaining diversity and biomass of target forbs in mountain hay meadows? *Flora* 207 (4): 303-309. [IF2012: 1.716]
- Valkó O., Török P., Deák B., Tóthmérész B. 2014: Review: Prospects and limitations of prescribed burning as a management tool in European grasslands. *Basic and Applied Ecology* 15: 26-33.[IF2014: 1.942]
- Valkó O., Zmihorski M., Biurrun I., Loos J., Labadessa R., Venn S. 2016a: Ecology and conservation of steppes and semi-natural grasslands. *Hacquetia* 15: 5-14.
- Valkó O., Deák B., Török P., Kelemen A., Miglécz T., Tóth K., Tóthmérész B. 2016b: Abandonment of croplands: problem or chance for grassland restoration? Case studies from Hungary. *Ecosystem Health and Sustainability* 2(2): e01208.
- Valkó O., Deák B., Török P., Kirmer A., Tishew S., Kelemen A., Tóth K., Miglécz T., Radócz Sz., Sonkoly J., Tóth E., Kiss R., Kapocsi I., Tóthmérész B. 2016c: High-diversity sowing in establishment gaps: a promising new tool for enhancing grassland biodiversity. *Tuexenia* 36: 359-378. [IF2016: 1.325]
- Valkó O., Deák B., Magura T., Török P., Kelemen A., Tóth K., Horváth R., Nagy D., Debnár Zs., Zsigrai Gy., Kapocsi I., Tóthmérész B. 2016d: Supporting biodiversity by prescribed burning in grasslands – a multi-taxa approach. *Science of the Total Environment* 572: 1377-1384. [IF2016: 4.900]
- Valkó O., Deák B., Török P., Kelemen A., Miglécz T., Tóthmérész B. 2017: Filling up the gaps – Passive restoration does work on linear landscape scars. *Ecological Engineering* 102: 501-508. [IF2017: 3.023].

Valkó O., Venn S., Zmihorski M., Biurrun I., Labadessa R., Loos J. (2018a): The challenge of abandonment for the sustainable management of Palaearctic natural and semi-natural grasslands. *Hacquetia* 17: 5-16.

Valkó O., Kelemen A., Migléc T., Török P., Deák B., Tóth K., Tóth J., Tóthmérész B. 2018b: Litter removal does not compensate detrimental fire effects on biodiversity in regularly burned semi-natural grasslands. *Science of the Total Environment* 622-623: 783-789. [IF2017: 4.610]

Az értekezés témájához kapcsolódó további publikációk

Albert Á., Kelemen A., Valkó O., Migléc T., Csecserits A., Rédei T., Deák B., Tóthmérész B., Török P. 2014: Trait-based analysis of spontaneous grassland recovery in sandy old-fields. *Applied Vegetation Science* 17: 214-224. [IF2014: 2.548]

Deák B., Valkó O., Kelemen A., Török P., Migléc T., Ölvedi T., Lengyel Sz., Tóthmérész B. 2011: Litter and graminoid biomass accumulation suppresses weedy forbs in grassland restoration. *Plant Biosystems* 145: 730-737. [IF2011: 1.418]

Deák B., Valkó O., Török P., Kelemen A., Migléc T., Szabó Sz., Szabó G., Tóthmérész B. 2015: Micro-topographic heterogeneity increases plant diversity in old stages of restored grasslands. *Basic and Applied Ecology* 16: 291-299. [IF2015: 1.836]

Deák B., Valkó O., Török P., Végvári Zs., Hartel T., Schmotzer A., Kapocsi I., Tóthmérész B. 2014: Grassland fires in Hungary – experiences of nature conservationists on the effects of fire on biodiversity. *Applied Ecology and Environmental Research* 12: 267-283. [IF2014: 0.557]

E-Vojtkó A., Mesterházy A., Süveges K., Valkó O., Lukács B. 2017: Changes in sediment seed bank composition of invaded macrophyte communities in a thermal river. *Freshwater Biology* 62: 1024-1035. [IF2017: 3.767]

Fekete R., Mesterházy A., Valkó O., Molnár V.A. 2018: A hitchhiker from the beach – The spread of a maritime, halophyte species (*Cochlearia danica* L.) along salted continental roads. *Preslia* 90: 23-37. [IF2017: 2.706]

Godó L., Valkó O., Tóthmérész B., Török P., Kelemen A., Deák B. 2017: Scale-dependent effects of grazing on the species richness of alkaline and sand grasslands. *Tuexenia* 37: 229-246. [IF2017: 1.125]

- Kelemen A., Tóthmérész B., Valkó O., Miglécz T., Deák B., Török P. 2017: New aspects of grassland recovery in old-fields revealed by trait-based analyses of perennial-crop-mediated succession. *Ecology and Evolution* 7: 2432–2440. [IF2017: 2.340].
- Kelemen A., Török P., Valkó O., Deák B., Miglécz T., Tóth K., Ölvédi T., Tóthmérész B. 2014: Sustaining recovered grasslands is not likely without proper management: vegetation changes and large-scale evidences after cessation of mowing. *Biodiversity & Conservation* 23: 741–751. [IF2014: 2.365].
- Kelemen A., Török P., Valkó O., Miglécz T., Tóthmérész B. 2013: Mechanisms shaping plant biomass and species richness: plant strategies and litter effect in alkali and loess grasslands. *Journal of Vegetation Science* 24: 1195–1203. [IF2013: 3.372]
- Kelemen A., Valkó O., Kröel-Dulay Gy., Deák B., Török P., Tóth K., Miglécz T., Tóthmérész B. 2016: The invasion of common milkweed (*Asclepias syriaca*) in sandy old-fields – Is it a threat to the native flora? *Applied Vegetation Science* 19: 218–224. [IF2016: 2.474]
- Kiss R., Deák B., Török P., Tóthmérész B., Valkó O. 2018: Grassland seed bank and community resilience in a changing climate. *Restoration Ecology* 26: S141–S150. [IF2017: 2.544]
- Kiss R., Sonkoly J., Török P., Tóthmérész B., Deák B., Tóth K., Lukács K., Godó L., Kelemen A., Miglécz T., Radócz Sz., Tóth E., Balogh N., Valkó O. 2018: Germination capacity of 75 herbaceous species of the Pannonian flora and implications for restoration. *Acta Botanica Hungarica* 60: 357–368.
- Kiss R., Valkó O., Tóthmérész B., Török P. 2016: Seed bank research in Central-European grasslands - An overview. In: Murphy, J. (ed.): *Seed Banks: Types, Roles and Research*. Nova Science Publishers pp. 1–34.
- Miglécz T., Valkó O., Török P., Deák B., Kelemen A., Donkó Á., Drexler D., Tóthmérész B. 2015: Establishment of three cover crop mixtures in vineyards. *Scientia Horticulturae* 196: 117–123. [IF2015: 1.538]
- Tälle M., Deák B., Poschlod P., Valkó O., Westerberg L., Milberg P. 2018: Similar effects of different mowing frequencies on the conservation value of semi-natural grasslands in Europe. *Biodiversity and Conservation* 10: 2451–2475. [IF2017: 2.828]
- Tälle M., Deák B., Poschlod P., Valkó O., Westerberg L., Milberg P. 2016: Grazing vs. mowing: a meta-analysis of biodiversity benefits for grassland management. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 15: 200–212. [IF2016: 4.099]
- Torma A., Császár P., Bozsó M., Deák B., Valkó O., Kiss O., Gallé R. 2018: Species and functional diversity of arthropod assemblages (Araneae, Carabidae, Heteroptera and Orthoptera) in grazed and

- mown salt grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 273: 70-79. [IF2017: 3.541]
- Török P., Deák B., Vida E., Valkó O., Lengyel Sz., Tóthmérész B. 2010: Restoring grassland biodiversity: Sowing low-diversity seed mixtures can lead to rapid favourable changes. *Biological Conservation* 143: 806-812. [IF2010: 3.498]
- Török P., Helm A., Kiehl K., Buisson E., Valkó O. 2018: Beyond the species pool: Modification of species dispersal, establishment and assembly by habitat restoration. *Restoration Ecology* 26: S65-S72. [IF2017: 2.544]
- Török P., Kelemen A., Valkó O., Miglécz T., Tóth K., Tóth E., Sonkoly J., Kiss R., Csecserits A., Rédei T., Deák B., Szűcs P., Varga N., Tóthmérész B. 2018: Succession in soil seed banks and implications for restoration of calcareous sand grasslands. *Restoration Ecology* 26: S134-S140. [IF2017: 2.544]
- Török P., Miglécz T., Valkó O., Kelemen A., Deák B., Lengyel Sz., Tóthmérész B. 2012: Recovery of native grass biodiversity by sowing on former croplands: Is weed suppression a feasible goal for grassland restoration? *Journal for Nature Conservation* 20: 41-48. [IF2012: 1.535]
- Valkó O., Tóth K., Kelemen A., Miglécz T., Radócz Sz., Sonkoly J., Tóthmérész B., Török P., Deák B. 2018: Cultural heritage and biodiversity conservation – Plant introduction and practical restoration on ancient burial mounds. *Nature Conservation* 24: 65-80. [IF2017: 1.367]
- Valkó O., Tóthmérész B., Kelemen A., Simon E., Miglécz T., Lukács B., Török P. 2014: Environmental factors driving vegetation and seed bank diversity in alkali grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 182: 80-87. [IF2014: 3.402]
- Végvári Zs., Valkó O., Deák B., Török P., Konyhás S., Tóthmérész B. 2016: Effects of land use and wildfires on the habitat selection of Great Bustard (*Otis tarda* L.) – Implications for species conservation. *Land Degradation & Development* 27: 910-918. [IF2016: 8.145]
- Vida E., Valkó O., Kelemen A., Török P., Deák B., Miglécz T., Lengyel Sz., Tóthmérész B. 2010: Early vegetation development after grassland restoration by sowing low-diversity seed mixtures in former sunflower and cereal fields. *Acta Biologica Hungarica* 61: 246-255. [IF2010: 0.793]

A teljes életmű összesített impakt faktora: 148,52

