

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Diverz magkeverékek alkalmazása a gyeprekonstrukcióban

Szoboszlayné Körmöczi Zsófia Éva

Témavezető: Dr. Tóthmérész Béla



DEBRECENI EGYETEM

Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola

Debrecen, 2024

Bevezetés

A gyepterületek a növény- és állatfajok nagy változatosságának adnak otthont, beleértve az endemikus és veszélyeztetett fajokat is (Dengler et al. 2014). Az európai természetközeli gyepek élőhelyek léte nagymértékben függ a hagyományos gazdálkodástól (Babai & Molnár 2014), ezért a földhasználat és a gazdálkodás változásai veszélyeztetik ezeket (Helm et al. 2006). A még megmaradt élőhelyek és a fajok védelme ezért kiemelten fontos.

A mezőgazdasági hasznosítás megszüntetése a marginális szántóterületeken és egyes intenzíven használt gyepterületeken lehetőséget ad a gyepek helyreállítására és megőrzésére (Valkó et al. 2016a). A talaj magbankjai olyan fajok forrását jelenthetik, amelyek hozzájárulnak a gyepek spontán helyreállításához (Kiss et al. 2016); restaurációs potenciálja azonban korlátozott, mivel sok olyan gyepi faj van, amelynek nincs tartós magbankja (Valkó et al. 2011). Ezért a súlyosan degradált területeken nem támaszkodhatunk a spontán gyephelyreállításra kizárólag a magbankból (Klaus et al. 2018). A propagulum- és a mikroélőhely-limitáció együttesen megállítja a fajgazdag gyepek spontán regenerálódását, és hatásuk általában a degradáció kezdete óta eltelt idővel növekszik (Valkó et al. 2018).

A restaurációs tevékenységek sikere fokozható a két fő korlát leküzdésével, a célterületen történő szaporítóanyag-kiegészítéssel (Török et al. 2011), valamint a mikroélőhelyek biztosításával, akár természetes, akár ember által okozott zavarások révén (Valkó et al. 2016b). A legelő állatok képesek fenntartani a metapopulációk közötti kapcsolatokat azáltal, hogy természetes és természetközeli élőhelyfoltokat kötnek össze a fragmentált tájakon mind endozoochoriával, mind epizoochoriával (Couvreur et al. 2004). A gyepterületek megőrzésére és helyreállítására irányuló projektek gyakran támaszkodnak a legelő állatokra, mint a célfajok magterjesztőire, hogy leküzdjék a terjedési korlátokat és növeljék a gyepek növényi diverzitását (Couvreur et al. 2004, Purschke et al. 2012).

A fajszegény közösségekben a csupasz talajfelszín-foltok fajgazdag szigetekké válhatnak, növelve a gyepek sokféleségét. Pywell és munkatársai (2007) ezt a megközelítést alkalmazták a diverzitás növelésére a gyepterületek feltörésénél a célfajok megtelepedésének támogatására. Az ilyen foltok

létrehozásának alacsony költsége, a helyreállításhoz felhasznált kis terület, valamint a foltokban a célfajok nagy sűrűsége, amelyek képesek a környező fajszegény területeket kolonizálni, nemcsak a restaurációs ökológusok, hanem a gazdálkodók számára is vonzó (Benayas et al. 2008).

A fajszegény gyepék diverzitásának növelésére szolgáló "kolonizációs ablakok" használatának ötlete azon alapul, hogy a mikroélőhely-limitációt a gyepben lévő foltok megnyitásával csökkentik, és a propagulum-limitációt a célfajok magjainak az ablakokba történő vetésével küzdik le (Valkó et al. 2016b).

Célkitűzések

A kutatások célja, hogy olyan költséghatékony megoldásokat dolgozzunk ki és teszteljünk gyeprekonstrukció során, amelyek sikeresen és széles körben alkalmazhatók, az ökológiai gazdálkodásban pedig segítik összehangolni a gazdálkodók és a természetvédelem céljait. A fenti célok eléréséhez elengedhetetlen módszerek és tapasztalatok összegyűjtéséhez és teszteléséhez szántóterületek helyén történő spontán gyepregeneráció és magvetéses gyepesítés sikerességét elemeztük eltérő talajú és előtörténetű területeken.

Köveltük a növényzet fejlődését a kolonizációs ablakokon belül, és megvizsgáltuk, hogy a vetett célfajok képesek-e kolonizálni a környező gyepet az ablakokból. Vizsgáltuk, hogy a különböző méretű kolonizációs ablakok létrehozása és ezt követően 35, a környező legelőkön korábban nem előforduló gyepi célfaj vetése milyen hatékonyságú a fajszegény gyepék diverzifikációjára. Elemeztük a környező gyepék kolonizációjának dinamikáját. A következő kérdéseket tettük fel: (1) Melyik ablak méret a legkedvezőbb a vetett fajok megtelepedéséhez és kolonizációjához? (2) Mely vetett fajok a legsikeresebbek a megtelepedésben és a kolonizációban? (3) Milyen a vetett fajok térbeli és időbeli dinamikája a vizsgálat 5 éve során?

A legeltetés következtében a vegetáció változását kiváltó mechanizmusok feltárására ugyanezen területeken kísérletet terveztünk a haszonállatok által végzett zoochoria relatív jelentőségének vizsgálatára. Két beállításban

vizsgáltuk a gyepi növényfajok megtelepedési sikerét: "zoochory on" (a jószágok általi zoochoria lehetséges) és "zoochory off" (a jószágok általi zoochoria nem lehetséges). Értékeljük a legeltetett és bekerített forráshelyekből származó vetett gyepi fajok kiterjedési sikerességét a környező fajszegény gyepekbe. Ezen kísérleti elrendezésnél a következők voltak kérdéseink: (4) vannak-e különbségek a legeltetett és a bekerített forrásparcellák fejlődésében; (5) hogyan befolyásolják a "zoochory on" és "zoochory off" beállítások a vetett gyepi fajok megtelepedését a forrásparcellák környezetében; és (6) mely tulajdonságok támogatják a gyepi fajok sikeres megtelepedését?

Anyag és módszer

Vizsgálati helyszínek

A vizsgált területek a Hortobágyi Nemzeti Parkban, Kelet-Magyarországon, Egyek és Tiszafüred települések közelében, 88-92 m tengerszint feletti magasságban található fajszegény, helyreállított szikes- és löszgyepekben (Valkó et al. 2016b). A térség történelmi tájképére szikes mocsarak (*Bolboschoenetalia maritimi*), szolonyec sziki rétek (*Beckmannion eruciformis*), pusztai gyepek (*Artemisio-Festucetalia pseudovinae*) és löszgyepek (*Festucion rupicolae*) voltak jellemzőek a vizsgált területen (Deák et al. 2014a, 2014b). Az elmúlt évszázadban a leginkább termékeny löszgyepek nagy részét és számos szikes gyeplet szántóföldre alakítottak át növénytermesztés céljából (Török et al. 2010, Valkó et al. 2016b). A szántóföldek felhagyása után a területet 2005-ben alacsony diverzitású fűmagkeverékekkel vetették be, melyet az eredetileg jellemző szikes- és löszgyepek vázfajai alkottak (Török et al. 2010). Bár a gyepterületek nagyságát ez a projekt növelte, a vetett gyepterületek nagy része fajszegény maradt, mivel a gyepi célfajok megtelepedését a propagulum- és a mikroélőhely-limitáció akadályozta.

A fajszegény vetett gyepek diverzitásának növelése érdekében hat vetett gyepterületen kolonizációs ablakokat hoztunk létre, melyek olyan forrásparcellák, amik szaporítóanyagforrásként szolgálhatnak a fajszegény gyepek kolonizációjához. A talaj ásással, rotációs kapálással és gereblyézéssel

történő előkészítése után 35 gyepi célfajból álló, nagy diverzitású magkeveréket vetettünk el területenként három kolonizációs ablakban, 10 g/m² sűrűségben. A gyepi célfajokat a lösz- és sziki szárazgyepek regionális fajkészletéből választottuk ki.

Minden helyszínen háromféle ablakméretet alkalmaztunk: (1) 1 m²-es kis ablakok, (2) 4 m²-es közepes méretű ablakok és (3) 16 m²-es nagy ablakok. A kolonizációs ablakok egymástól legalább 50 m távolságra voltak, hogy minimalizáljuk a közöttük történő propagulum terjedést. Már az első évtől kezdve a kolonizációs ablakokat április és október között szarvasmarhákkal legeltették. A 4 m×4 m-es parcellákból helyszínenként egy bekerítettet is létrehoztunk.

Vizsgáltuk a forrásparcellák használatának megvalósíthatóságát a fajszegény gyepék biodiverzitásának növelésére a helyreállítás szempontjából, valamint a célfajok legeltetett és bekerített forrásparcellákról a környező területekre történő terjedési sikerének jellegalapú elemzését végeztük.

Mintavételi elrendezés

A forrásparcellákban előforduló vetett növényfajok százalékos borítottsági értékeit évente június végén rögzítettük. Három egymást követő évben évente nyomon követtük a vetett gyepi fajok terjedési sikerét a forrásparcellákból a környező fajszegény gyepékbe. A forrásparcelláktól négy 20 m hosszú transzszektet helyeztünk el a négy fő égtáj irányában. Mindegyik transzszekt húsz 1 m × 1 m méretű parcellát (terjedési parcellák) tartalmazott. Minden egyes 1 m × 1 m-es parcellában évente júliusban rögzítettük a vetett fajok egyedszámát és a virágzó hajtások számát.

A legelés hatásának vizsgálatához évente összesen 960 terjedési parcellát vizsgáltunk. Az elemzésekhez olyan tulajdonságokat választottunk, amelyek a forrásparcellákban és az extenzíven legeltetett gyepben a vetett fajok kolonizációs, megtelepedési és fennmaradási képességeit tükrözik. Az elemzésekhez a következő tulajdonságokat használtuk: élettartam, magbank perzisztencia, magtömeg, fajlagos levélfelület (SLA), levélszárazanyag-

tartalom (LDMC), növénymagasság, a virágzási időszak kezdete, vége és hossza, tölevélrózsa megléte vagy hiánya, klonális index, anemochoria és epizoochoria rangsor indexek.

Statisztikai elemzések

Az adatelemzéseket az R statisztikai környezetben (ver. 4.0.2; R Core Team, 2020) számoltunk. A prediktoroknak a függő változókra gyakorolt hatásának vizsgálatához és az ismételt mérések figyelembevételéhez a *glmmTMB* csomag *glmmTMB* funkciójával illesztett általánosított lineáris vegyes modelleket (GLMM) használtunk (Brooks et al. 2017). A páros összehasonlításokhoz az *emmeans* csomag *emmeans* függvényét használtuk (Russell, 2020).

A forrásparellákban elvetett fajok fejlődésének elemzésekor a legeltetés, az év és a legeltetés-év interakció hatásának vizsgálatához a függő változókra GLMM-eket illesztettünk Gauss-eloszlással a borítási adatokra és Poisson-eloszlással a fajok számára. A fedettség adatokat $\ln(x+1)$ -re transzformáltuk.

A vetett fajok forrásparellákból a környezetbe történő terjedési dinamikájának tanulmányozására Poisson-eloszlású GLMM-eket alkalmaztunk. A távolságot az elemzésekhez $\ln(x+1)$ -re transzformáltuk.

A folytonos jellegek közösséggel súlyozott átlagait (CWM) a forrásparellákon és a terjedési parellákon az *FD* csomag *functcomp* függvényével számoltuk (Laliberté & Legendre 2010, Laliberté et al. 2014). A CWM-eket a forrásparellákban a vetett fajok borításértékei és a terjedési parellákban a vetett fajok egyedszámai alapján számoltuk. A borítási és egyedszám adatokat, valamint az SLA, LDMC, magtömeg és magasság értékeket a *functcomp* függvény alkalmazása előtt $\ln(x+1)$ -transzformáltuk. A CWM-ek mind a forrásparellákban, mind a terjedési parellákban függő változók voltak. A GLMM-eket béta-eloszlásokkal és Gauss-eloszlásokkal illesztettük.

Minden ismételt mérés elemzésénél véletlenszerű tényezőként a helyszínt használtuk. Az évek közötti autokorrelációt, illetve a szomszédos mintavételi parellák közötti térbeli autokorrelációt feltételeztük. Az ilyen autokorrelációk

ellenőrzésére autoregresszív elsőrendű kovariancia-struktúrákat (AR1) használtunk a modellekben, hogy figyelembe vegyük azt a tényt, hogy az egymást követő évek vagy szomszédos távolságok nagyobb hasonlóságot mutathatnak, mint a távolabbiak. A modellválasztáshoz az Akaike információs kritériumot (AIC) használtuk (Akaike 1998), hogy kiválasszuk az adatainkat legjobban magyarázó modellt. A prcomp függvénnyel főkomponens-elemzést (PCA) számoltunk a forrásparcellák és a terjedési parcellák tulajdonságainak CWM-jreiből, a vizsgálat utolsó évének adatait felhasználva.

Eredmények

Legeléskizárás

A legeltetett forrásparcellákban alacsonyabb volt a vetett fajok borítottsága és a virágzó hajtások száma, mint a bekerített forrásparcellákban. Az év szignifikánsan befolyásolta a virágzó fajok számát, míg a legeltetés-év kölcsönhatás szignifikánsan befolyásolta a virágzó hajtások számát. A legeltetett forrásparcellákban az évelőség, az SLA és az anemochoria rangsor index CWM-jei magasabbak, az LDMC, a magasság, a virágzási időszak kezdete és az epizoochoria rangsor index CWM-jei pedig alacsonyabbak voltak a bekerített parcellákhoz képest. Az évelőség, a klonális index, a virágzási időszak hossza, a tartós magbank és az anemochoria rangsor index CWM-jei nőttek, míg a magtömeg, a virágzási időszak kezdete, a tölevélrózsa és az epizoochoria rangsor index CWM-jei csökkentek az idő múlásával.

A megtelepedett vetett fajok fajszáma és egyedszáma magasabb, a virágzó hajtások száma pedig alacsonyabb volt, amikor a forrásparcellákat legeltették. Az évnek szignifikáns pozitív hatása volt a virágzó fajok számára. A távolság hatása szignifikánsan negatív volt a vetett fajok fajszáma, egyedszáma, a virágzó fajok és a virágzó hajtások számának alakulására. A legeltetés-távolság kölcsönhatás negatív hatása szignifikáns volt a megtelepedett egyedek száma és a virágzó hajtások száma esetében; a távolság negatív hatása kifejezettebb volt, ha a forrásparcellákat legeltették. A legeltetés-év kölcsönhatás hatása szignifikáns és pozitív volt az egyedszámra és a virágzó hajtások számára; ezek

száma az egymást követő években magasabb volt a legeltetett forrásparcellákban, mint a bekerítettekben.

A forrásparcellák kezelésének típusa jelentős hatással volt a jellegek eloszlására a környező parcellákban. Az SLA, a klonalitás és az anemochoria rangsor index CWM-jei magasabbak voltak a terjedési parcellákban legeltetett forrásparcellák esetén, míg ugyanebben a beállításban az LDMC, a magtömeg, a magasság és a virágzás kezdetének CWM-jei alacsonyabbak voltak. Az SLA, a virágzási időszak vége és hossza, valamint az epizoochoria rangsor index CWM-jei nőttek az évek során, míg az LDMC, a magtömeg és a klonalitás CWM-jei csökkentek. Az LDMC, a magasság, a virágzási időszak kezdete, vége és hossza, valamint az epizoochoria rangsor index CWM-jei csökkentek a távolsággal, míg az évelőség, az SLA és a magtömeg CWM-jei nőttek. A forrásparcellák legeltetése és a távolság közötti kölcsönhatás többnyire pozitív hatással volt a CWM-ekre (LDMC, virágzási időszak kezdete, vége és hossza, epizoochoria rangsor index); negatív hatása csak az SLA és a klonalitás CWM-jeire volt. Az LDMC, a virágzási jellegek és az epizoochoria rangsor index CWM-jei a távolsággal csökkentek a "zoochory off" beállításban. Amikor a forrásparcellákat legeltették, e tulajdonságok CWM-jei a távolsággal nőttek, míg az SLA és a klonalitás CWM-jei csökkentek. Az első két PCA tengely az összes variáció 67,3%-át magyarázta. Közepes pozitív korrelációt találtunk az első PCA tengely és a virágzási időszak hossza, valamint a tartós magbank CWM-jei között, míg a magtömeg és a magasság CWM-jei esetében közepes negatív korrelációt.

Ablakméret

Minden vetett faj képes volt megtelepedni legalább egy kolonizációs ablakban. Az évelő vetett fajok borítása az idő múlásával nőtt, míg a rövid életű vetett fajok borítása minden ablakméretben csökkenő tendenciát mutatott. A mátrix fűfajok az utolsó 2 évben érték el a legnagyobb borítást. A rövid életű és az évelő gyomok borítása folyamatosan csökkent.

Összesen a 35 vetett fajból 30-at találtunk a transzszektek mentén. Az *Achillea collina* és a *Centaurea solstitialis* minden évben magas egyedszámmal

képviseltette magát; mellettük 2016-ban a *Trifolium striatum* és a *Dianthus ponederae* volt a leggyakoribb faj. A *T. campestre* 2017-ben és 2018-ban nagy számban volt jelen. A kolonizációs parcellákban regisztrált fajok több, mint 90%-a virágzott a hátról minimum egy vizsgálati évben.

A vetett fajok faj- és egyedszáma minden vizsgálati évben a kolonizációs ablakokkal szomszédos első parcellákban volt a legmagasabb, és a kolonizációs ablakok távolságának növekedésével csökkent. A kolonizációs ablakokkal szomszédos első parcellákban a három vizsgálati év során összesen 26 vetett fajt találtunk. A vetett fajok egyedszáma több mint kétszer nagyobb volt a kolonizációs ablakokkal szomszédos első parcellában, mint bármely más parcellában, és a távolság növekedésével csökkent. A virágzó fajok átlagos száma és a virágzó hajtások száma hasonló dinamikát mutatott.

Az ablakok mérete minden vizsgált változóra szignifikáns hatást gyakorolt. A 4 m²-es közepes méretű kolonizációs ablakokból kolonizálta a legtöbb vetett faj a szomszédos fajszegény gyepet, míg az 1 m²-es ablakok közelében összesen 24 faj, a 16 m²-es ablakok közelében pedig 19 faj volt jelen. A parcellánkénti fajszám a közepes méretű ablakok közelében volt a legmagasabb, meghaladva a legkisebb ablakok közelében található fajok számát. Hasonló tendenciákat észleltünk a virágzó fajok számában és a virágzó hajtások számában.

Új tudományos eredmények

1. A kolonizációs ablakok alkalmasak a fajszegény gyepék diverzitásának növelésére legalább 5 éves időtávon, de feltehetően még hosszabb távon is. A fajgazdag kolonizációs ablakok képesek leküzdeni az olyan sztochasztikus eseményeket, mint például a szélsőséges szárazság.

2. A közepes méretű ablakok a leghatékonyabbak a vetett fajok megtelepedésének és kolonizációjának támogatásában: biztosítják a vetett célfajok fennmaradását és kevésbé vonzóak a legelő állatok számára, ezért a célfajoknak nagyobb esélyük van a magszórásra. A nagyobb megnyitásokhoz képest költséghatékonyabb és megvalósíthatóbb megoldást jelentenek a gazdálkodók számára is.

3. A szomszédos fajszegény és sűrű gyepszőnyegben leginkább a jó terjedési képességű és jó kompetitív képességű fajok telepedtek meg. A kilenc legsikeresebben megtelepedett, a szomszédos gyepekben jól reprezentált vetett faj közül hat a nagy és közepes méretű ablakok közelében volt a legelterjedtebb, míg a fennmaradó három faj kolonizációs sikerét nem befolyásolta az ablak mérete.

4. Az ablakok magas faji diverzitása volt a forrása a fajok kolonizációjának a szomszédos gyepterületekbe. A kolonizációs ablakokhoz közeli fajszegény gyepekben nagyobb fajgazdagság volt tapasztalható, de a legtöbb faj hiányzott az ablakok nagyobb távolságából. Feltételezzük, hogy esetünkben is több évbe telik, amíg a gyepi fajok tartósan megtelepednek az ablakokon kívül.

5. A kolonizációs ablakok alkalmasak a gyomok visszaszorítására. A vetett gyepi fajok mindkét kezelési típus esetében sikeresen megtelepedtek a forrásparcellákban. Sem a legeltetés, sem annak hiánya nem akadályozza rövid távon a célzott gyepi fajok megtelepedési sikerét. A vetett fajok fajgazdagsága nem különbözött a két beállítás között.

6. Megállapítottam, hogy a vetett fajok kolonizációs sikerét nagymértékben meghatározta a legelő állatok jelenléte. A bekerítés rövid távon növelte a vetett fajok borítását és virágzási sikerét, de jelentősen csökkentette az esélyüket a környező terület kolonizációjára. A bekerítés másik negatív hatása hosszú távon az avar felhalmozódása és a fajgazdagság ezzel összefüggő csökkenése. Javaslom, hogy a konzervációs és restaurációs projekteknél kerítések akkor alkalmazzanak, ha a prioritás a forráspopuláció védelme; ha azonban a célfajok terjedésének elősegítése a cél, a kerítés valószínűleg nem kedvező megoldás.

7. A legeltetett forrásparcellákban a gyors növekedésű, alacsonyabb, korábban virágzó fajok és a legelő állatok által okozott levélvesztést klonális növekedéssel sikeresen kompenzáló fajok jutnak előnyhöz. A terjedés során azonban a legelők által nem kedvelt, védekező mechanizmusokkal és szívós levelekkel rendelkező, lassabban növekvő fajok teljesítenek jobban.



Nyilvántartási szám: DEENK/379/2024.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Szoboszláyné Körömöczy Zsófia Éva
Doktori Iskola: Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10082848

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

1. Kiss, R., Deák, B., Tóthmérész, B., Miglécz, T., Tóth, K., Török, P., Lukács, K., Godó, L., **Körömöczy, Z.**, Radócz, S., Kelemen, A., Sonkoly, J., Kirmer, A., Tischew, S., Švamberková, E., Valkó, O.: Establishment gaps in species-poor grasslands: artificial biodiversity hotspots to support the colonization of target species.
Restor. Ecol. 29 (S1), 1-8, 2021. ISSN: 1061-2971.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/rec.13135>
IF: 4.181
2. Kiss, R., Deák, B., Tóthmérész, B., Miglécz, T., Tóth, K., Török, P., Lukács, K., Godó, L., **Körömöczy, Z.**, Radócz, S., Borza, S., Kelemen, A., Sonkoly, J., Kirmer, A., Tischew, S., Valkó, O.: Zoochory on and off: A field experiment for trait-based analysis of establishment success of grassland species.
J. Veg. Sci. 32 (4), 1-12, 2021. ISSN: 1100-9233.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jvs.13051>
IF: 3.389





További közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

3. Kiss, R., László, S., Tóth, K., Balogh, N., Godó, L., **Körmöczi, Z.**, Radócz, S., Lukács, K.: Eltérő kezelési típusok alkalmazása kékperjés láprétek fenntartására.
Gyepgazdálk. Közl. 16 (1), 19-24, 2018. ISSN: 1785-2498.
4. Kiss, R., Lukács, K., Godó, L., Radócz, S., **Körmöczi, Z.**, Tóth, K.: A fitomassza szerepe a Létavértesi Falurét fajgazdagságának fenntartásában.
Gyepgazdálk. Közl. 15, 23-28, 2017. ISSN: 1785-2498.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 7,57

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 7,57

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2024.06.21.



Irodalomjegyzék

- Akaike, H. (1998) Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: E. Parzen K. Tanabe and G. Kitagawa (Eds.) *Selected Papers of Hirotugu Akaike*. New York, NY: Springer, pp. 199–213.
- Babai, D., Molnár, Z. (2014) Small-scale traditional management of highly species-rich grasslands in the Carpathians. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 182, 123-130.
- Benayas, J. M. R., Bullock, J. M., & Newton, A. C. (2008) Creating woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(6), 329-336.
- Brooks, M.E., Kristensen, K., van Benthem, K.J., Magnusson, A., Berg, C.W., Nielsen, A. et al. (2017) glmmTMB Balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *The R Journal*, 9, 378–400.
- Couvreur, M., Christiaen, B., Verheyen, K. & Hermy, M. (2004) Large herbivores as mobile links between isolated nature reserves through adhesive seed dispersal. *Applied Vegetation Science*, 7, 229–236.
- Deák, B., Valkó, O., Alexander, C., Mücke, W., Kania, A., Tamás, J., & Heilmeyer, H. (2014a) Fine-scale vertical position as an indicator of vegetation in alkali grasslands—Case study based on remotely sensed data. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 209(12), 693-697.
- Deák, B., Valkó, O., Török, P., & Tóthmérész, B. (2014b) Solonetz meadow vegetation (*Beckmannion eruciformis*) in East-Hungary—an alliance driven by moisture and salinity. *Tuexenia*, 34, 187-203.
- Dengler, J., Janišová, M., Török, P., & Wellstein, C. (2014) Biodiversity of Palaeartic grasslands: a synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 182, 1-14.
- Helm, A., Hanski, I., & Pärtel, M. (2006) Slow response of plant species richness to habitat loss and fragmentation. *Ecology letters*, 9(1), 72-77.
- Kiss, R., Valkó, O., Tóthmérész, B., Török, P. (2016) Seed bank research in Central-European grasslands – an overview. Pages 1–34. In: J. Murphy (ed) *Seed banks: types, roles and research*. Nova Science Publishers, New York
- Klaus, V.H., Hoefer, C.J., Fischer, M., Hamer, U., Kleinebecker, T., Mertens, D., Schäfer, D., Prati, D., Hölzel, N. (2018) Contribution of the soil seed bank to the restoration of temperate grasslands by mechanical sward disturbance. *Restoration Ecology*, 26, S114-S122.

- Laliberté, E. & Legendre, P. (2010) A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology*, **91**, 299–305.
- Laliberté, E., Legendre, P., Shipley, B. & Laliberté, M.E. (2014) Package ‘FD’. *Measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology*. R package version 1.0-12.
- Purschke, O., Sykes, M.T., Reitalu, T., Poschlod, P. & Prentice, H.C. (2012) Linking landscape history and dispersal traits in grassland plant communities. *Oecologia*, **168**, 773–783.
- Pywell, R. F., Bullock, J. M., Tallowin, J. B., Walker, K. J., Warman, E. A., & Masters, G. (2007) Enhancing diversity of species-poor grasslands: an experimental assessment of multiple constraints. *Journal of Applied Ecology*, *44*(1), 81-94.
- R Core Team (2020) *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Russell, L. (2020) *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means*. R package version 1.4.4. Elérhető: <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans> [Hozzáférés: 2021. január 27.].
- Török, P., Deák, B., Vida, E., Valkó, O., Lengyel, S. & Tóthmérés, B. (2010) Restoring grassland biodiversity: sowing low-diversity seed mixtures can lead to rapid favourable changes. *Biological Conservation*, *143*(3), 806-812.
- Török, P., Vida, E., Deák, B., Lengyel, B., Tóthmérés, B. (2011) Grassland restoration on former croplands in Europe: an assessment of applicability of techniques and costs. *Biodiversity & Conservation* *20* (11), 2311–2332.
- Valkó, O., Deák, B., Török, P., Kelemen, A., Miglécz, T., Tóth, K., Tóthmérés, B. (2016a) Abandonment of croplands: problem or chance for grassland restoration? Case studies from Hungary. *Ecosystem Health and Sustainability* **2**, e01208
- Valkó, O., Deák, B., Török, P., Kirmer, A., Tishew, S., Kelemen, A. et al. (2016b) High-diversity sowing in establishment gaps: a promising new tool for enhancing grassland biodiversity. *Tuexenia*, **36**, 359–378.
- Valkó, O., Török, P., Tóthmérés, 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
- Valkó, O., Venn, S., Zmihorski, M., Biurrun, I., Labadessa, R., Loos, J. (2018) The challenge of abandonment for the sustainable management of Palearctic natural and semi-natural grasslands. *Hacquetia* **17**, 5–16

Short thesis for the degree of doctor of philosophy (PhD)

Diverse seed mixtures in grassland reconstruction

by Szoboszlayné Körmöczy Zsófia Éva

Supervisor: Dr. Béla Tóthmérés



UNIVERSITY OF DEBRECEN
Juhász-Nagy Pál Doctoral School
Debrecen, 2024

Introduction an aim

The abandonment of agricultural land use on marginal arable land and some intensively used grassland areas provides a chance for grassland restoration (Valkó et al. 2016a). Soil seed banks can contribute to spontaneous grassland restoration, but the restoration potential is limited as there are many grassland species that do not have a permanent seed bank ((Kiss et al. 2016, Valkó et al. 2011). Microsite limitation and propagule shortage can prevent spontaneous regeneration of grasslands, and especially a species-rich grassland (Török et al. 2011).

In species-poor communities, bare patches of soil can become species-rich micro-sites, increasing grassland diversity. Pywell et al. (2007) used this approach to increase diversity of grasslands. Thus, reducing microsite limitation by opening gaps resulted in the idea of establishment gaps to increase species richness of species-poor grasslands. The crucial element of this restoration experiment is sowing high-diversity seed mixture of target species in the establishment gaps (openings).

We documented the development of vegetation within the establishment gaps and examined whether the introduced target species were able to colonize the surrounding grassland from the establishment gaps. We explored and pointed out the effectiveness of creating establishment gaps.

The dynamics of colonization of the surrounding grassland were also analysed. We tested which species are successful in colonization and/or establishment? We also explored the spatial and temporal dynamics of sown species in the grassland. We also studied the relative importance of zoochory by livestock in the same area. We investigated the success of establishment when zoochory by livestock was possible, and with livestock enclosure.

Matherial and methods

The study sites are located in the Hortobágy National Park in Hungary, near the settlements of Egyek and Tiszafüred, in a species-poor, restored alkaline and loess grasslands (Valkó et al. 2016b). After the abandonment of croplands, the area was sown in 2005 with low-diversity grass seed mixtures of the original alkaline and loess grassland species (Török et al. 2010). The grassland area was increased by this restoration action, but most of the sown grasslands remained species-poor; the establishment of target grassland species was hampered by propagule limitation.

During the experiment establishment gaps were created in six sown grassland sites. These are source plots providing propagules for the colonization

of species-poor grasslands. After soil preparation a high-diversity seed mixture of 35 target grassland species was sown in three establishment gaps.

Three gap sizes were used at each site: small gaps of 1 m², medium gaps of 4 m², and large gaps of 16 m². From April to October the establishment gaps were grazed by cattle. To prevent grazing, we also created one fenced plot per site from the 4 m×4 m plots. In the establishment gaps vegetation cover, and percentage cover of sown species was recorded annually at the end of June. Dispersal success of sown grassland species was monitored annually for the consecutive years.

R statistical computing environment was used during the statistical analyses (ver. 4.0.2; R Core Team 2020). We used generalized linear mixed-effect models (GLMM) by the *glmmTMB* package (Brooks et al. 2017). For pairwise comparisons we used the *emmeans* package (Russell 2020). To test the effect of grazing, year, and grazing-year interaction on the development of species sown in source plots on the dependent variables, GLMMs were fitted with Gaussian distributions for cover data and Poisson distributions for number of species. Site was used as a random factor during repeated-measures analyses. We assumed autocorrelation between years and spatial autocorrelation between sampling plots. We used autoregressive first-order covariance structures to control autocorrelations. We used Akaike Information Criterion for model selection (Akaike 1998).

To explore the colonization, establishment and persistence abilities of the sown species the following traits were used: life span, seed bank persistence, seed weight, specific leaf area, leaf dry matter content, plant height, the start, end and length of the flowering period, presence or absence of a rosette, clonal index, anemochory and epizoochory ranking indices.

Results

We found that all sown species established at least in one gap. The cover of perennial sown species increased steadily. The cover of short-lived sown species decreased in all gap sizes. We also found that the cover of both short-lived and perennial weeds decreased over time.

There were 30 out of the 35 sown species found along the adjacent area of the establishment gaps. *Achillea collina* and *Centaurea solstitialis* specimens were represented with high number in each year. In 2016 *Trifolium striatum* and *Dianthus ponederae* specimens were the most abundant species. In 2017 and 2018 *Trifolium campestre* specimens were presented in high numbers.

We found that the 2m by 2m medium-sized establishment gaps were the best to support the colonization of the adjacent grassland by sown species (28

species). There were 24 species present nearby the 1 m² gaps; and there were 9 species nearby the 16 m² gaps. The number of species also was the highest nearby the medium-sized gaps. Similar trends were observed for the number of flowering species and the number of flowering shoots.

The number of species and the individuals of established sown species was higher in the grazed establishment gaps. The number of flowering shoots was lower when the establishment gaps were grazed. We found that the grazed establishment plots had lower number of flowering shoots than the fenced establishment plots. We found that community weighted means of perennality, specific leaf area, and anemochory ranking index were higher in the grazed establishment plots. Community weighted means of leaf dry matter content, height, start of flowering period, and epizoochory ranking index were lower in the grazed establishment plots compared to fenced plots. We also observed that the management had a significant effect on the trait distribution in the surroundings of the establishment gaps. The community weighted means of specific leaf area, clonality and anemochory ranking index were higher in the dispersal plots when the source plots were grazed, while the community weighted means of leaf dry matter content, seed weight, height and flowering initiation were lower.

Conclusion

We found that soil disturbance, and seed sowing increased plant diversity in the species-poor grassland experiment. We also demonstrated that establishment gaps increased the diversity of the studied grassland. We pointed out that the sown species were able to establish permanently in the gaps. Both the total cover of vegetation, and the cover of perennial sown species increased. Moreover, we found independently of gap size that the cover of short-lived sown species decreased. There was only a moderate weed abundance in the establishment gaps. We also observed that the sown target species colonized the species-poor grasslands surrounding the gaps.

In the grazing exclosure experiment we found that the sown species can colonize the surrounding grassland area with and without zoochory. Our findings suggest that fencing source populations of target species is not a good option in grazing-adapted ecosystems. We found that fencing increased the cover and flowering success of the sown species in the short run. Surprisingly, fencing decreased the chance of target species to colonize the surrounding area in the long run.



Registry number: DEENK/379/2024.PL
Subject: PhD Publication List

Candidate: Zsófia Szoboszláyné Körmöczi
Doctoral School: Pál Juhász-Nagy Doctoral School of Biology and Environmental Sciences
MTMT ID: 10082848

List of publications related to the dissertation

Foreign language scientific articles in international journals (2)

1. Kiss, R., Deák, B., Tóthmérész, B., Migléc, T., Tóth, K., Török, P., Lukács, K., Godó, L., **Körmöczi, Z.**, Radócz, S., Kelemen, A., Sonkoly, J., Kirmer, A., Tischew, S., Švamberková, E., Valkó, O.: Establishment gaps in species-poor grasslands: artificial biodiversity hotspots to support the colonization of target species.
Restor. Ecol. 29 (S1), 1-8, 2021. ISSN: 1061-2971.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/rec.13135>
IF: 4.181
2. Kiss, R., Deák, B., Tóthmérész, B., Migléc, T., Tóth, K., Török, P., Lukács, K., Godó, L., **Körmöczi, Z.**, Radócz, S., Borza, S., Kelemen, A., Sonkoly, J., Kirmer, A., Tischew, S., Valkó, O.: Zoochory on and off: A field experiment for trait-based analysis of establishment success of grassland species.
J. Veg. Sci. 32 (4), 1-12, 2021. ISSN: 1100-9233.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jvs.13051>
IF: 3.389





List of other publications

Hungarian scientific articles in Hungarian journals (2)

3. Kiss, R., László, S., Tóth, K., Balogh, N., Godó, L., **Körmöczi, Z.**, Radócz, S., Lukács, K.: Eltérő kezelési típusok alkalmazása képerjés láprétek fenntartására.
Gyepgazdálk. Közl. 16 (1), 19-24, 2018. ISSN: 1785-2498.
4. Kiss, R., Lukács, K., Godó, L., Radócz, S., **Körmöczi, Z.**, Tóth, K.: A fitomassza szerepe a Létavértesi Falurét fajgazdagságának fenntartásában.
Gyepgazdálk. Közl. 15, 23-28, 2017. ISSN: 1785-2498.

Total IF of journals (all publications): 7,57

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 7,57

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.

21 June, 2024



References

- Akaike, H. (1998) Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: E. Parzen K. Tanabe and G. Kitagawa (Eds.) *Selected Papers of Hirotugu Akaike*. New York, NY: Springer, pp. 199–213.
- Brooks, M.E., Kristensen, K., van Benthem, K.J., Magnusson, A., Berg, C.W., Nielsen, A. et al. (2017) glmmTMB Balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *The R Journal*, **9**, 378–400.
- Kiss, R., Valkó, O., Tóthmérész, B., Török, P. (2016) Seed bank research in Central-European grasslands – an overview. Pages 1–34. In: J. Murphy (ed) *Seed banks: types, roles and research*. Nova Science Publishers, New York
- Pywell, R. F., Bullock, J. M., Tallowin, J. B., Walker, K. J., Warman, E. A., & Masters, G. (2007) Enhancing diversity of species-poor grasslands: an experimental assessment of multiple constraints. *Journal of Applied Ecology*, *44*(1), 81-94.
- R Core Team (2020) *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Russell, L. (2020) *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means*. R package version 1.4.4. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans> [Accessed 27 January 2021].
- Török, P., Deák, B., Vida, E., Valkó, O., Lengyel, S. & Tóthmérész, B. (2010) Restoring grassland biodiversity: sowing low-diversity seed mixtures can lead to rapid favourable changes. *Biological Conservation*, *143*(3), 806-812.
- Török, P., Vida, E., Deák, B., Lengyel, B., Tóthmérész, B. (2011) Grassland restoration on former croplands in Europe: an assessment of applicability of techniques and costs. *Biodiversity & Conservation* *20* (11), 2311–2332.
- Valkó, O., Deák, B., Török, P., Kelemen, A., Miglécz, T., Tóth, K., Tóthmérész, B. (2016a) Abandonment of croplands: problem or chance for grassland restoration? Case studies from Hungary. *Ecosystem Health and Sustainability* **2**, e01208
- Valkó, O., Deák, B., Török, P., Kirmer, A., Tishew, S., Kelemen, A. et al. (2016b) High-diversity sowing in establishment gaps: a promising new tool for enhancing grassland biodiversity. *Tuexenia*, **36**, 359–378.
- 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