

A restauráció korának és a magkeverék típusának szerepe a restaurált gyepek beszántást követő regenerációjában

Kiss Réka^{1*}, Lukács Katalin^{1,2}, Tóth Katalin³, Tóth Ágnes^{1,2,4},
Godó Laura¹, Deák Balázs¹ és Valkó Orsolya^{1,2}

¹HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet, Lendület Vegetáció és Magbank Dinamikai Kutatócsoport, 2163 Vácrátót, Alkotmány út 2–4.

²HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium, 1113 Budapest, Karolina út 29.

³Debreceni Egyetem, Ökológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

⁴Szegedi Tudományegyetem, Ökológiai Tanszék, 6726 Szeged, Közép fasor 52.

*E-mail: kiss.reka@ecolres.hu

Összefoglaló: A gyepek restaurációja diverzitásuk és ökoszisztéma-szolgáltatásaik helyreállítása érdekében kulcsfontosságú, a restaurált gyepek fennmaradása azonban társadalmi és gazdasági okokból kihívást jelent. Ezek a gyepek korlátozott fajkészletükből adódóan érzékenyebbek lehetnek a zavarásokra, de ezen a téren jelentős a tudáshiány. Vizsgálatunkban fű- (*Festuca pseudovina* Hack.) és diverz (20 honos kétszikű faj) magkeverék időben eltolt vetésének hatását vizsgáltuk a gyeprekonstrukcióra, és beszántást követően a vegetáció helyreállítására. Azt találtuk, hogy a két magkeverék egyidejű, vagy legfeljebb egy év különbséggel történő vetése eredményezi a legnagyobb fajgazdagságot, a legsikeresebb gyomelnyomást és beszántást követően a legsikeresebb helyreállást. Ugyanakkor a restaurált gyepeknek több évre van szükségük, míg ellenállóvá válnak a zavarásokkal szemben, vagyis a vegetáció helyreállításának sikere a vegetáció korával párhuzamosan nő. A vetést követő kétévnyi vegetációfejlődés már biztosítja a beszántás okozta gyomosodás meggátlását. A diverz magkeverék fajainak viszont legalább négy évre van szükségük, hogy a zavarás után a gyepi fajgazdagság helyreállítását biztosítsák. A vegetációfejlődés során a fűdominancia kialakulását a mérsékelt zavarás csökkenti, ezért az optimális posztrestaurációs kezelés kiválasztása elengedhetetlen.

Kulcsszavak: diverzifikálás, fajgazdagság, gyepr restauráció, magvetés, szántás, talajbolygatás, zavarás.

Bevezető

A közép-európai szárazgyepek gyakran kiemelkedő fajgazdagsággal bírnak, és számos ökoszisztéma-szolgáltatás (pl. beporzás, szénmegkötés, vízháztartás-szabályozás) köthető hozzájuk (Dengler *et al.* 2020). Fennmaradásukat azonban egyre inkább veszélyeztetik a földhasználati változásokból és infrastruktúra-fejlesztésekből adódó negatív hatások (Török 2019, Dengler *et al.* 2020). Az elmúlt 230 évben Magyarországon a gyepterületek több mint 80%-a eltűnt, vagy jelentősen leromlott (Bíró *et al.* 2025). Az utóbbi évtizedekben felismerték ezt a globális problémát, és mind nemzetközi szinten, mind magyarországi viszonylatban egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a gyepek megőrzésére és restaurálására (Halassy 2025).

A gyepr restauráció egyik alapvető módszere a magvetés, amely célzott módon vezet gyors eredményhez (Török *et al.* 2010). Kezdetben főleg alacsony diverzitású magkeverékeket alkalmaztak, amelyek a gazdálkodók szempontjából lényeges ökoszisztéma-szolgáltatásokat biztosították, mint például a biomassza-termelést és a gyomvi sszaszorítást (Szabó 1973), illetve képesek voltak rövid idő alatt látványosan gyeptípusok létrehozására (pl. Deák *et al.* 2008). A diverz magkeverékek megjelenése és széles körű elterjedése számos további ökoszisztéma-szolgáltatás helyreállítását és a biodiverzitás növelését is lehetővé tette (Valkó *et al.* 2016a, Möhrle *et al.* 2024).

Ma a frissen restaurált gyepek, a természetközeli gyepekhez hasonlóan, a változó támogatási rendszerekből és társadalmi-gazdasági folyamatokból fakadó változásokkal szembesülnek. Korlátozott fajkészletükből adódóan érzékenyebbek lehetnek a negatív hatásokra, azonban ezzel kapcsolatban jelentős tudáshiányt tapasztaltunk. Ezért kutatásunkban vizsgáltuk a magvetéssel történő gyepr restauráció hatékonysága mellett a restaurációt követő szántás mint erős talajbolygatással járó zavarás hatását a fiatal gyepi növényközösségre. A magvetés során alacsony diverzitású magkeveréket (fűvetés) és magas diverzitású magkeveréket (diverzifikáló vetés) önállóan, illetve kombináltan alkalmaztunk. A vetést egyszerre, illetve időben eltolva alkalmaztuk. Kérdéseink a következők voltak: (1) Mely magkeveréktípus és vetéskésleltetés kombináció a legalkalmasabb diverz szárazgyepek létrehozására egykori szántóterületen? (2) Van-e különbség a kezelések között a gyomvi sszaszorítás és a vetett célfajok megtelepedése tekintetében? (3) Mi a szerepe a restauráció korának és a magkeverék típusának a restaurált gyepek beszántást követő regenerációjában?

Anyag és módszer

A kísérleti területünket Kelet-Magyarországon, Hajdúdorogon (47.825718, 21.494500) létesítettük, egy 2014-ben mezőgazdasági művelés alól kivont zártkertben. A terület klímája kontinentális, az évi átlagos hőmérséklet 10 °C, és az átlagos csapadékmennyiség 545 mm (Fick és Hijmans 2017). A kezelést megelőző években a területen kukoricát és burgonyát termesztettek. 2014 októberében 36 kísérleti parcellát (4 m × 4 m, 1 m széles puffervávval elválasztva) hoztunk létre, amelyekben négy ismétlésben kilenc restaurációs kezelést alkalmaztunk (1. ábra). A kilenc kezelést i) a fűvetés megléte vagy hiánya és ii) a diverzifikáló vetés időzítésének kombinációja határozta meg. Fűvetés során sovány csenkeszt (*Festuca pseudovina* Hack., 20 kg/ha), diverzifikáló vetés során 20 regionálisan előforduló szárazgyepi kétszikű fajt (1000 mag/faj/parcella, Függelék 1. táblázat) használtunk. Első lépésben 2014 októberében talaj-előkészítést követően 5 kezelésben (20 parcella) fűmagot vetettünk, 4 kezelésben (16 parcella) nem végeztünk fűmagvetést. Második lépésben diverzifikáló vetést végeztünk a fűmaggal vetett parcellák közül 4 kezelésben (16 parcella) (kombinált, fűvel és

Vetés éve - Year of sowing	Diverzifikálás késleltetése (év) - Delay in diversification (year)	Kezelés - Treatment								
		Fűvetés- Grass sowing	Kombinált vetés- Combined grass and forb seed sowing					Diverz vetés- Diverse forb seed mixture sowing		
			F	FK0	FK1	FK2	FK3	K0	K1	K2
2014	-						-	-	-	-
2014	0									
2015	1									
2016	2									
2017	3									
Fűvetés kora (év) szántáskor (2019) - Grass-sward age (years) at the time of ploughing (2019)		5	5	5	5	5	-	-	-	-
Diverzifikált vegetáció kora (év) szántáskor (2019) - Diversified vegetation age (years) at the time of ploughing (2019)		-	5	4	3	2	5	4	3	2

1. ábra. A vizsgálatban alkalmazott kezelések. A kezelések rövidítése jelöli az adott kezelésben alkalmazott magkeverék típusát (F – csak fű, K – csak diverz kétszikű magkeverék, FK – fű és diverz kétszikű [kombinált] magkeverék), valamint a diverzifikálás (diverz kétszikű magkeverékvetés) késleltetésének idejét (0 – nincs késleltetés, a felhagyást követő azonnali vetés, 1 – egy év késleltetés, 2 – két év késleltetés, 3 – három év késleltetés). A színek a magkeverék típusát jelölik: zöld-fű, sárga-diverz kétszikű magkeverék.

Figure 1. Description of the treatments used in the study. Treatment abbreviations indicate the applied seed mixture (F – grass only; K – diverse forb seed mixture only; FK – combined grass and forb seeds) and the delay in diversification (sowing of the forb mixture: 0 – no delay, immediate sowing after abandonment; 1–3 – one to three years delay). Colours indicate the seed mixture: green-grass, yellow-diverse forb seed mixture.

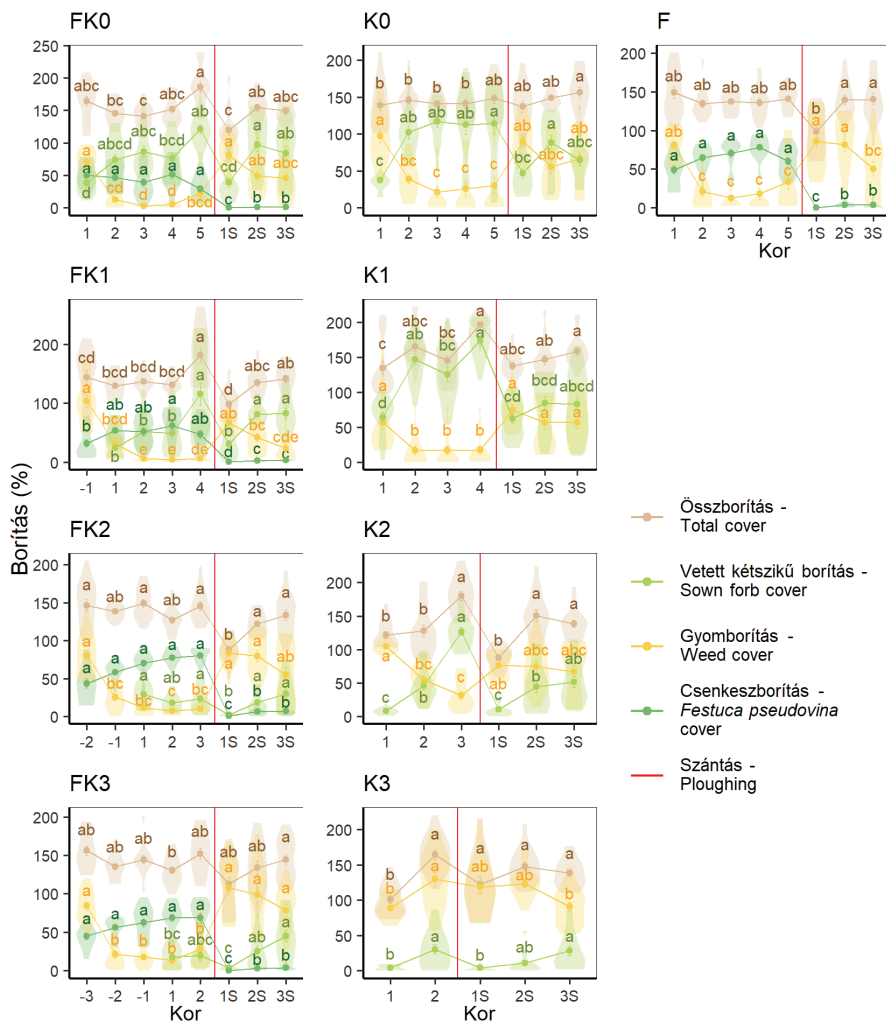
kétszikű magkeverékkel egyaránt vetett parcella, a továbbiakban FK kezelések) és 4, korábban be nem vetett kezelésben (16 parcella) (csak kétszikű magkeverékkel vetett parcellák, a továbbiakban K kezelések). A diverzifikáló vetés során a diverz magkeveréket különböző években vetettük: a fűvetéssel egyszerre 2014-ben (FK0, K0), illetve a fűvetéshez képest egy (FK1, K1), két (FK2, K2) és három (FK3, K3) év késleltetéssel (2015-, 2016-, ill. 2017-ben) (1. ábra). Egy kezelésben (4 parcella) nem végeztünk semmiféle diverzifikáló vetést (csak fűmaggal vetett parcellák, a továbbiakban F kezelés). A vetéseket kaszálás, és a még üres K parcellák esetében talaj-előkészítés előzte meg. A parcellákat évente kétszer kézzel kaszáltuk (június, október), 10 cm-es tarlómagasságot hagyva. A lekaszált biomasszát eltávolítottuk. Annak érdekében, hogy modellezzük a fiatal restaurált gyepeket ért jelentős zavarást, és vizsgáljuk az ezt követő regenerációt, 2019-ben a restaurált parcellákat kis traktorral, kb. 20 cm-es mélységben beszántottuk.

A parcellákban négy, 1 m²-es állandó kvadrátot jelöltünk ki, melyekben 2015–2022 között évente kétszer (június, október) feljegyeztük az edényes növényfajok százalékos borítását. Az elemzések során az évenkénti két évszak borításértékeit összevontuk, fajonként a nagyobb értéket megtartva.

Az elemzéseket R statisztikai környezetben végeztük, általánosított lineáris modellekkel (GLMM, *glmmTMB* csomag, Brooks *et al.* 2017) és páronkénti összehasonlításokkal (*emmeans* csomag, Lenth 2020). Függő változóként a teljes fajszám és borítás mellett a vetett kétszikű fajok (továbbiakban kétszikűek) és gyomok fajszám és borítás értékeit, valamint a csenkesz borításértékeit használtuk. Gyomoknak tekintettük a Borhidi (1995) által honos gyomfajok (pl. *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), antropogén tájidegen elemek (pl. *Ambrosia artemisiifolia* L.) és másodlagos termőhelyek kompetitorai (pl. *Taraxacum officinale* F. H. Wigg) kategóriákba sorolt fajokat. Magyarázó változóként a kezelés és a vegetáció korának interakcióját használtuk. Az FK vetések miatt külön választottuk a diverzifikálás előtti és az azt követő adatokat, és így hasonlítottuk össze az azonos korú (i) fűvetések, illetve (ii) diverzifikált vetések változóit. Mivel a fiatalabb diverzifikált parcellák a beszántás előtt nem érték el a négy-öt éves kort, ezért az elemzésekben a diverzifikálást követő első három évet vetettük össze. Az ismételt mérésekből adódó időbeli autokorrelációt autoregressziós korrelációs struktúra (ar1) alkalmazásával vettük figyelembe.

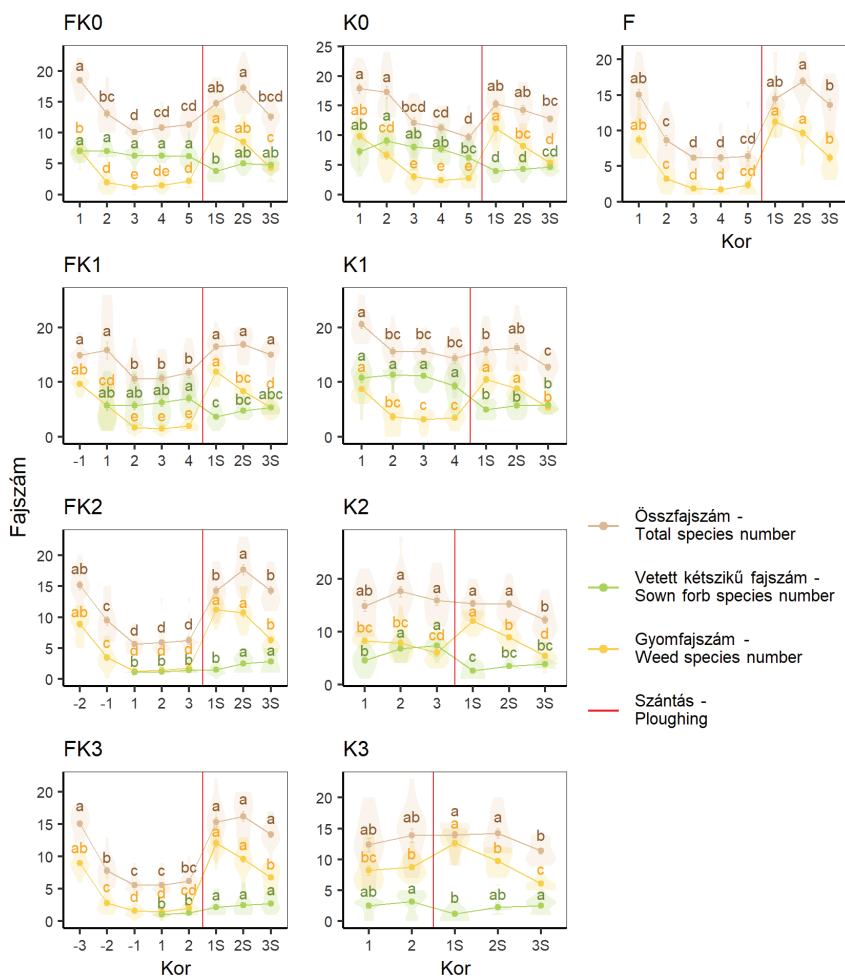
Eredmények

A 2014-ben vetett 20 kétszikű fajból 18 jelen volt 2022-ben a vizsgált parcellákban. A magyarázó változók minden vizsgált változóra szignifikáns hatással voltak (Függelék 2. és 4. táblázat).



2. ábra. Borításértékek változása a vizsgálati évek során a különböző kezelésekben (átlag $\pm$ szórás). A kezeléseken belüli szignifikáns különbségeket eltérő kisbetűk jelölik ($p < 0,05$). A kezelések rövidítése jelöli az adott kezelésben alkalmazott magkeverék típusát (F – csak fű, K – csak diverz kétszikű magkeverék, FK – fű és diverz kétszikű [kombinált] magkeverék), valamint a diverzifikálás (diverz kétszikű magkeverékvetés) késleltetésének idejét (0 – nincs késleltetés, a felhagyást követő azonnali vetés, 1 – egy év késleltetés, 2 – két év késleltetés, 3 – három év késleltetés). Az X tengelyen a korok vannak feltüntetve, a negatív értékek a diverzifikáló vetést megelőző éveket jelzik, az S-sel jelzett számok a szántást követő éveket.

Figure 2. Changes in cover during the study years in different treatments (mean $\pm$ SE). Lowercase letters indicate significant differences within treatments ($p < 0.05$). Treatment abbreviations indicate the applied seed mixture (F – grass only; K – diverse forb seed mixture only; FK – combined grass and forb seeds) and the delay in diversification (sowing of the forb mixture: 0 – no delay, immediate sowing after abandonment; 1–3 – one to three years delay). Plot age is shown on Axis X, with negative values representing years prior to diversification, and numbers marked with “S” indicate the years following ploughing. Kor = Age, Borítás = Cover.



3. ábra. Fajszám változása a vizsgálati évek során a különböző kezelésekben (átlag $\pm$ szórás). A kezeléseken belüli szignifikáns különbségeket eltérő kisbetűk jelölik ($p < 0.05$). A kezelések rövidítése jelöli az adott kezelésben alkalmazott magkeverék típusát (F – csak fű, K – csak diverz kétszikű magkeverék, FK – fű és diverz kétszikű [kombinált] magkeverék), valamint a diverzifikálás (diverz kétszikű magkeverékvetés) késleltetésének idejét (0 – nincs késleltetés, a felhagyást követő azonnali vetés, 1 – egy év késleltetés, 2 – két év késleltetés, 3 – három év késleltetés). Az X tengelyen a korok vannak feltüntetve, a negatív értékek a diverzifikáló vetést megelőző éveket jelzik, az S-sel jelzett számok a szántást követő éveket.

Figure 3. Changes of species numbers during the study years with different treatments (mean $\pm$ SE). Lowercase letters indicate significant differences within treatments ($p < 0.05$). Treatment abbreviations indicate the applied seed mixture (F – grass only; K – diverse forb seed mixture only; FK – combined grass and forb seeds) and the delay in diversification (sowing of the forb mixture: 0 – no delay, immediate sowing after abandonment; 1–3 – one to three years delay). Plot age is shown on Axis X, with negative values representing years prior to diversification, and numbers marked with “S” indicate the years following ploughing. Kor = Age, Fajszám = Species number.

Vegetációfejlődés a kezelésekben

Az F parcellák összborítása csak a szántást követő első évben csökkent szignifikánsan. A gyomborítás a restauráció kezdetén és a szántást követően magas volt, de csökkent a vegetációfejlődés folyamán. A csenkeszborítás szántás hatására szignifikánsan csökkent (2. ábra, Függelék 3. táblázat). Az össz- és a gyomfajszám a restauráció kezdetén és a szántást követően volt magas, majd a vegetációfejlődés során csökkent (3. ábra, Függelék 3. táblázat).

Az FK parcellák összborítása szignifikánsan csak a szántást követő évben csökkent. A kétszikű borítás nőtt a restauráció során, főként az FK0 és FK1 kezelésekben ért el magas értékeket. A szántást követő évben minden kezeléstípusban csökkent, de nőni kezdett a későbbiekben. A gyomborítás magas volt a restauráció kezdetén és a szántást követően, de a vegetációfejlődés során gyorsan csökkent, főleg az FK0 és FK1 kezelésekben. A csenkeszborítás a restaurációt követően minden kezelésben magas volt, de szántást követően jelentősen csökkent, és alacsony is maradt (2. ábra, Függelék 3. táblázat). Az összfajszám, a gyomfajszámhoz hasonlóan, a restauráció első évében és a szántást követő első években volt a legmagasabb, majd csökkent a vegetációfejlődés során. A kétszikűek fajszaára a szántás negatívan hatott az FK0 és FK1 kezelésekben, az FK2 és FK3 kezelésekben semleges vagy pozitív hatása volt (3. ábra, Függelék 3. táblázat).

A K parcellák összborítása, a K0 kivételével, jelentősen eltért a különböző években. Szántást követően minden kezelésben csökkenést tapasztaltunk. A kétszikű borítás nőtt a restauráció során, de szántás hatására jelentősen csökkent, majd újra nőni kezdett. A gyomborítás általában csökkent a restauráció során, de a szántás hatására újra megnőtt (2. ábra, Függelék 3. táblázat). Az összfajszám a restauráció során csökkent a K0 és K1 kezelésekben, és stagnált a K2 és K3 kezelésekben. Szántás hatására a K0 kezelésben szignifikánsan nőtt, a többi kezelésben a növekedés nem volt számottevő. A későbbi években viszont minden kezelésben csökkent. A kétszikű fajszám nőtt a restauráció első éveiben, majd stagnált vagy csökkent a későbbi években. A szántás hatására minden kezelésben csökkent. A gyomfajszám a restauráció során csökkent a K0-K2 kezelésekben. Bár szántást követően jelentősen megnőtt, később újra csökkenni kezdett (3. ábra, Függelék 3. táblázat).

Azonos korú vegetációk összevetése a különböző kezelésekben

A fűvetést kapott parcellák összborítása csak a vetés ötödik évében és a szántást követő első évben különbözött a kezelések között (Függelék 1. ábra). A gyomborítás a szántást követően alacsonyabb volt a diverz magkeverékkel korábban bevetett parcellákban (Függelék 2. ábra). A csenkeszborítás, szántást megelőzően,

alacsonyabb volt a korábban diverzifikált parcellákban, majd szántás hatására minden kezelésben egyöntetűen lecsökkent, és alacsony is maradt (Függelék 3. ábra). Az össz fajszám a korábban diverzifikált parcellákban volt a legmagasabb, de szántás hatására a különbségek eltűntek. A gyomfajszám hasonló mintázatot mutatott (Függelék 1. és 2. ábra és Függelék 5. táblázat).

A diverzifikált parcellák növényzetének összborítása eltért a kezelések között minden korosztályban. A szántás negatív hatással volt az FK és a később vetett K kezelésekre, de az évek során a különbségek eltűntek (Függelék 4. ábra). A kétszikű borítás nem különbözött az első évben a kezelések között, a K2 és K3 parcellák kivételével. A második évben viszont a későn vetett K és a későn diverzifikált FK parcellákban is alacsony volt. A harmadik évben a K és a legidősebb FK parcellákban volt a legmagasabb. Szántást követően a vetett fajok regenerációja a korábban vetett parcellákban volt a legsikeresebb, függetlenül a magkeveréktől (Függelék 4. ábra). A gyomborítás a K parcellákban magasabb volt, mint az FK parcellákban. A kezelések közti különbségek csökkentek a vegetációfejlődés során. A szántást követően a gyomborítás a korábban diverzifikált parcellákban volt alacsonyabb, de a kezelések közti különbségek idővel eltűntek (Függelék 4. ábra és Függelék 6. táblázat). Az össz fajszám mindhárom korosztálynál a később vetett FK parcellákban volt a legalacsonyabb, de szántás hatására a különbségek eltűntek (Függelék 5. ábra). A kétszikű fajszám szintén a később vetett parcellákban volt a legalacsonyabb, főleg a kombinált vetésekben. A különbség megmaradt a szántást követően is (Függelék 5. ábra). A gyomfajszám a K parcellákban volt a legmagasabb, de a vegetációfejlődés során a kezelések közötti különbségek csökkentek, majd szántást követően eltűntek (Függelék 5. ábra és Függelék 6. táblázat).

Diszkusszió

A restaurációt követően minden kezelésben gyors vegetációfejlődést tapasztaltunk. A restauráció kezdeti szakaszában a gyomok voltak a legtömegesebbek, de dominanciájuk gyorsan csökkent a csenkesz és a vetett kétszikűek hatására. A csenkesz erőteljes elsőbbségi hatást fejtett ki, gátolva a vetett kétszikűek megtelepedését, ha a vetésüket egy évnél hosszabban késleltettük (Werner *et al.* 2016). A vetett kétszikűek akkor voltak a legsikeresebbek, amikor a diverzifikálás a fűvetéssel egyszerre, vagy legfeljebb egy év késéssel történt. Ilyenkor a kétszikűek csökkentették a fűborítást, és hozzájárultak a gyomok visszaszorításához. Eredményeink egybecsengenek korábbi kutatásokkal (Bartha *et al.* 2014, Werner *et al.* 2016, Máté *et al.* 2023), és rávilágítanak a fajszegény

fűmagkeverékek vetésének korlátaira. A csenkesz évelő, erőteljes csomót képző fű, ezért erős kompetitor, képes zárt gyeptakaró gyors kialakítására, ezáltal mikroélőhely-limitációra, meggátolva más fajok megtelepedését és fennmaradását (Virágh 1987, Pywell *et al.* 2003, Török *et al.* 2010, Valkó *et al.* 2016b, Guller *et al.* 2022).

Ugyanakkor a szántás erőteljes negatív hatást fejtett ki a csenkeszre, amiből csak kismértékben regenerálódott. Az évelő fűvek gyakran hagyatkoznak a klonális szaporodásra, kevés magot termelnek, és nem képeznek tartós magbankot, amely zavarást követően biztosítaná regenerációjukat (Pywell *et al.* 2003, Kiss 2016, Valkó *et al.* 2016b). A restauráció során elégséges magforrást biztosítottunk a megtelepedéshez, azonban a magbank kiürülésével és mageső hiányában a szántást követően nem állt már rendelkezésre forrás a regenerációhoz, így a csenkesz nem tudott újra dominánssá válni, lehetőséget biztosítva a többi faj megtelepedésének. Elmondható tehát, hogy fajszegény, fű dominálta gyepekben a kis léptékű zavarásnak lehet pozitív hatása. A zárt gyeptakaró megtörése csökkentte a fűdominanciát, és elősegíti a kétszikű fajok megtelepedését (Virágh 1987, Valkó *et al.* 2016b, Molnár 2020). A szántás mellett természetes tényezők – mint az extrém aszályok – sem kedveznek a csenkesz fajok megtelepedésének és megmaradásának (Orbán *et al.* 2023).

A gyomok a szukcesszió korai fázisaiban szintén képesek dominánssá válni, de mivel gyenge kompetitorok, később kiszorulnak a vegetációból (Pywell *et al.* 2003, Valkó *et al.* 2016a). A zavarást követő gyors megjelenésük a talaj-magbankjuknak köszönhető: nagyszámú magot termelnek, amelyek évtizedekig életképesek maradnak a talajban, majd a megfelelő körülményekre gyorsan reagálva csíráznak, és biztosítják az egyedek megtelepedését és magbankutánpótlást (Pywell *et al.* 2003, Bossuyt és Honnay 2008). Korábbi szántóföldi műveléséből kifolyólag a vizsgálati területről is feltételezhető, hogy magbankja gyomokkal telített, ezért voltak képesek ezek a fajok olyan gyorsan reagálni a zavarásokra (Bossuyt és Honnay 2008, Kiss 2016).

A vetett kétszikűek térhódításához több időre volt szükség, mint a többi fajcsoport esetében (Molnár és Máté 2024). A felhagyás és vetés között eltelt idő befolyásolta a regenerációjukhoz szükséges időt: a korábbi vetésekben a kétszikűek már a vetésük utáni második évben domináltak, azonban a későbbi vetésekben ekkor még nem. Az ezt magyarázó elsőbbségi hatás a gyomokhoz köthető. A gyomok kezdetektől jelen voltak a parcellákban, és a diverzifikálásig eltelt évek nekik kedveztek. A gyepi kétszikűek általában kevesebb magot termelnek, mint a gyomok, így a fennmaradásukat biztosító magbank felépítéséhez több időre van szükségük (Bossuyt és Honnay 2008). Eredményeink alapján legalább két évnek el kellett telnie, hogy a kétszikűek gyomelnyomó képessége érvényesüljön, és a

legalább négyévnyi vegetációfejlődés eredményezte a sikerebb helyreállást a szántást követően.

Eredményeink alapján elmondható, hogy szántást követően a vegetáció helyreállásának sikere a vegetáció korával párhuzamosan nő. Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy a fiatal, restaurált gyepeknek meglehetősen sok időre van szükségük, míg ellenállónak válnak a zavarásokkal szemben. A restaurációt követően a vegetációfejlődés hosszabb távú nyomon követése időben rávilágíthat a beavatkozások szükségességére. A kontrollált posztrestaurációs kezelések (pl. legeltetés, kaszálás), megfelelő minőségű és mennyiségű propagulum jelenlétében, a megfelelő irányba terelhetik a vegetációfejlődést, és biztosíthatják egy fajgazdag gyeptársulás kialakulását és fennmaradását (Kiss *et al.* 2021, Tölgyesi *et al.* 2022).

Gyakorlati javaslatok

A felhagyott területeken történő magvetés általi gyeprestauráció során az egyszikű és kétszikű fajok egyidejű vetését javasoljuk, de ha ez nem kivitelezhető, a kétszikűek vetését akkor sem javasolt egy évnél tovább késleltetni. A fiatal restaurált gyepek fajainak időre van szükségük, míg megtelepednek és magbankot képeznek, ezáltal ellenállónak válnak a zavarásokkal szemben. Ugyanakkor az extenzív posztrestaurációs kezelés (pl. kaszálás, legeltetés) alkalmazása nem kizárt, sőt, elősegítheti a fajok megtelepedését. A fű dominált gyepek esetében a fajgazdagság növelésére javasoljuk kis területeken a gyeptakaró feltörését, és ezt követően diverz magkeverék vetését. A beszántás viszont egy olyan extrém zavarási forma, amelynek alkalmazása kerülendő, helyette a kisebb léptékű zavarások (pl. legeltetés, fogasolás) alkalmazását javasoljuk.

Köszönetnyilvánítás – A vizsgálat lebonyolításában nyújtott segítségért nagy köszönettel tartozunk a következő személyeknek: Balogh Nóra, Báthori Ferenc, Borza Sándor, Hubicska Balázs, Kelemen András, Miglécz Tamás, Radócz Szilvia, Rádai Zoltán, Sonkoly Judit, Tóth Edina, valamint Tóth Katalin családjának. A kutatást a NKFI KKP 144096 azonosítószámú Élvtartalék pályázat és az Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium (RRF-2.3.1-21-2022-00006), valamint az MTA Lendület pályázata (LP 2019/4) támogatta.

Irodalomjegyzék

Bartha, S., Szentes, Sz., Horváth, A., Házi, J., Zimmermann, Z., Molnár, Cs., Dancza, I., Margóczi, K., Pál, R., Purger, D., Schmidt, D., Óvári, M., Komoly, C., Sutyinszki, Zs., Szabó, G., Csathó, A. I., Juhász, M., Pensza, K., Molnár, Zs. (2014): Impact of mid-successional dominant species on the diversity and progress of succession in regenerating temperate grasslands. *Applied Vegetation Science* 16: 201–213. <https://doi.org/10.1111/avsc.12066>

- Biró, M., Molnár, Zs., Bölöni, J. (2025): Természetközeli élőhelyek kiterjedésének csökkenése. In: Kelemen, A., Mizsei, E. (szerk.): *Élőhely-rekonstrukciók lehetőségei és tapasztalatai Magyarország síkvidéki területein*. Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság, Kecskemét, pp. 6–7.
- Borhidi, A. (1995): Social behaviour types, the naturalness and relative indicator values of the higher plants in the Hungarian flora. *Acta Botanica Hungarica* 39: 97–181.
- Bossuyt, B., Honnay, O. (2008): Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. *Journal of Vegetation Science* 19: 875–884. <https://doi.org/10.3170/2008-8-18462>
- Brooks, M. E., Kristensen, K., van Benthem, K. J., Magnusson, A., Berg, C. W., Nielsen, A., Skaug, H. J., Mächler, M., Bolker, B. M. (2017): glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling. *The R Journal* 9: 378–400.
- Deák, B., Török, P., Kapocsi, I., Lontay, L., Vida, E., Valkó, O., Lengyel, Sz., Tóthmérész, B. (2008): Szik- és löszgyep-rekonstrukció vázfajokból álló magkeverék vetésével a Hortobágyi Nemzeti Park területén (Egyek-Pusztakócs). *Tájökológiai Lapok* 6: 323–332. <https://doi.org/10.56617/tl.4173>
- Dengler, J., Biurrun, I., Boch, S., Dembiczy, I., Török, P. (2020): Grasslands of the Palaearctic biogeographic realm: introduction and synthesis. *Encyclopedia of the World's Biomes* 3: 617–637. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12432-7>
- Fick, S. E., Hijmans, R. J. (2017): Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37: 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Guller, Zs. E., Házi, J., Barthá, S., Molnár, Cs., Dragica, P., Szabó, G., Zimmermann, Z., Csathó, A. I. (2023): A domináns pázsitfűfaj felülvetésén alapuló gyeprekonstrukciós módszer eredményei löszparlagon. *Tájökológiai Lapok* 20: 3–29. <https://doi.org/10.56617/tl.3972>
- Halassy, M. (2025): Élőhely-helyreállítás nemzetközi jogi környezete. In: Kelemen, A., Mizsei, E. (szerk.): *Élőhely-rekonstrukciók lehetőségei és tapasztalatai Magyarország síkvidéki területein*. Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság, Kecskemét, pp. 12–13.
- Kiss, R. (2016): A talaj-magbank szerepe a magyarországi növényközösségek dinamikájában és helyreállításában – A hazai magbank kutatások áttekintése. *Kitaibelia* 21: 116–135. <https://doi.org/10.17542/21.116>
- Kiss, R., Deák, B., Tóthmérész, B., Miglécz, T., Tóth, K., Török, P., Lukács, K., Godó, L., Körmöczi, Zs., Radócz, Sz., Borza, S., Kelemen, A., Sonkoly, J., Kirmer, A., Tischew, S., Valkó, O. (2021): Zoochory on and off: A field experiment for trait-based analysis of establishment success of grassland species. *Journal of Vegetation Science* 32: e13051. <https://doi.org/10.1111/jvs.13051>
- Lenth, R. (2025): emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.10.7-100002, <https://rvinlenth.github.io/emmeans/>
- Máté, A., Kelemen, A., Molnár, A., Molnár, Cs. (2023): Sokfajú gyeprekonstrukció a tiszacsegei Széles-halmon – Dokumentáció és első eredmények. *Természetvédelmi Közlemények* 29: 31–48. <https://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2023.29.31>
- Molnár, Á. P. (2020): Javaslatok természetvédelmi gyeprekonstrukciók tervezéséhez két Körös–Maros közti védett terület példáján. *Crisicum* 11: 127–151.
- Molnár, Cs., Máté, A. (2024): Mire elég 200 év? Van-e spontán löszpusztagyep-regeneráció a Tiszántúlon? *Természetvédelmi Közlemények* 30: 1–17. <https://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2024.30.16037>
- Möhrle, K., Teixeira, L. H., Hartmann, S., Kollmann, J. (2024): Enhancing temperate grassland diversity and functionality: crafting seed mixtures to align stakeholder interests and to increase establishment success. *Global Ecology and Conservation* 50: e02762. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02762>

- Orbán, I., Ónodi, G., Kröel-Dulay, Gy. (2023): The role of drought, disturbance, and seed dispersal in dominance shifts in a temperate grassland. *Journal of Vegetation Science* 34: e13199. <https://doi.org/10.1111/jvs.13199>
- Pywell, R. F., Bullock, J. M., Roy, D. B., Warman, L. I. Z., Walker, K. J., Rothery, P. (2003): Plant traits as predictors of performance in ecological restoration. *Journal of Applied Ecology* 40: 65–77. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00762.x>
- Szabó, J. (1973): *Gyepgazdálkodás*. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Bp. 317 pp.
- Tölgyesi, Cs., Vadász, Cs., Kun, R., Csathó, A. I., Bátor, Z., Hábcenyus, A., Erdős, L., Török, P. (2022): Post-restoration grassland management overrides the effects of restoration methods in propagule-rich landscapes. *Ecological Applications* 32: e02463. <https://doi.org/10.1002/eap.2463>
- Török, K. (2019): Degradáció és restauráció – globális állapot és jövőkép. Az IPBES kormányközi testület értékelő tanulmánya alapján. *Természetvédelmi Közlemények* 25: 131–141. <https://doi.org/10.20332/tyk-jnatconserv.2019.25.131>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.024>
- 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. <https://doi.org/10.1002/ehs2.1208>
- Valkó, O., Deák, B., Török, P., Kirmer, A., Tischew, S., Kelemen, A., Tóth, K., Miglécz, T., Radócz, 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. <https://doi.org/10.14471/2016.36.020>
- Virágh, K. (1987): The effect of herbicides on vegetation dynamics: A five year study of temporal variation of species composition in permanent grassland plots. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 22: 385–403.
- Werner, C. M., Vaughn, K. J., Stuble, K. L., Wolf, K., Young, T. P. (2016): Persistent asymmetrical priority effects in a California grassland restoration experiment. *Ecological Applications* 26: 1624–1632. <https://doi.org/10.1890/15-1918.1>

Függelék listája

1. Függelék: A vizsgálatban részt vevő fajok és további eredmények táblázatos és ábrás prezentációja

Resilience of restored grasslands – Recovery processes after disturbance depend on the initial restoration method

*Réka Kiss¹, Katalin Lukács^{1,2}, Katalin Tóth³, Ágnes Tóth^{1,2,4}, Laura Godó¹, Balázs Deák¹ & Orsolya Valkó^{1,2}

¹*'Lendület' Seed Ecology Research Group, Institute of Ecology and Botany, HUN-REN Centre for Ecological Research, Alkotmány út 2–4, H-2163 Vácrátót, Hungary*

²*National Laboratory for Health Security, HUN-REN Centre for Ecological Research, Karolina út 29, H-1113 Budapest, Hungary*

³*Department of Ecology, University of Debrecen, Egyetem tér 1, H-4032 Debrecen, Hungary*

⁴*Department of Ecology, University of Szeged, Közép fasor 52, H-6726 Szeged, Hungary*

*E-mail: kiss.reka@ecolres.hu

Restoring grasslands to recover biodiversity and ecosystem services is crucial, yet ensuring their long-term persistence remains a challenge. Given their limited species composition, restored grasslands may be more sensitive to disturbances, yet our knowledge in this respect is insufficient. In our study, we investigated the role of temporally offset sowing of grass (*Festuca pseudovina* Hack.) and diverse forb seed mixtures (20 native forb species) in grassland restoration and post-disturbance vegetation recovery. Our results show that sowing the two different seed mixtures simultaneously or maximum one year apart maximizes species richness, suppresses weeds most effectively, and promotes the most successful post-disturbance recovery. Restored grasslands need several years to become resistant against disturbances; the success of vegetation recovery increases parallel to the age of the vegetation. Two years of vegetation development were sufficient to halt weed encroachment, but the species richness of the sown forbs required at least four years to recover. Our results suggest that moderate, controlled disturbance may be necessary to reduce grass dominance and enhance the establishment of target species during recovery. However, the type of post-restoration management must be selected carefully.

Keywords: disturbance, diversification, grassland restoration, ploughing, seed sowing, species richness.

Beérkezett/Received: 2025. 10. 17.

Javítás után beérkezett/Received in revised form: 2025. 11. 19.

Elfogadva/Accepted: 2025. 11. 19.

© A Szerzők/The Authors, 2025

Ez egy szabad hozzáférésű cikk, amely a Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) licenc alatt jelenik meg./This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

