

dc_943_14

MTA doktora Pályázat

**GYEPI BIODIVERZITÁS HELYREÁLLÍTÁSA:
SPONTÁN SZUKCESSZIÓ ÉS GYEPESÍTÉS**

Doktori értekezés tézisei

Dr. Török Péter
Debrecen, 2014.

dc_943_14

Bevezetés

Az utóbbi évszázadban az európai gyepek területe drasztikus mértékben csökkent. A gyepek jelentős részét feltörték, beépítették vagy erdősítették. A területcsökkenésen túlmenően, Közép-, Észak- és Nyugat-Európa jelentős részén a korábbi természetes és féltértermészetes – többnyire extenzíven művelt – gyepek esetében a művelés intenzívebbé vált. Főleg a síkvidéki területeken a produktív élőhelyeken található gyepekben a magasabb biomassza-produkció érdekében növényvédő szereket, szerves és műtrágyázást alkalmaznak. A kaszálókön a kaszálás frekvenciáját növelték, felülvetették őket illetve túlnyomóan az alacsony magasságú gépi kaszálásra tértek át (Dengler et al. 2014, Török et al. 2011). A legelőgyepekben gyakran a korábbi alacsony legelési nyomást, közepes illetve magas legelési nyomással váltották fel (Török et al. 2014). Ezzel szemben a hegyvidéki területeken és a művelési szempontból kedvezőtlen adottságú illetve termőképességű gyepterületeken a művelést többnyire felhagyták. A felhagyott gyepterületek többnyire spontán módon becserjésedtek illetve beerdősültek, továbbá egyes helyeken ezeket őshonos vagy nem őshonos fajokkal beerdősítették (Stampfli és Zeiter 1999, Ruprecht et al. 2009, Valkó et al. 2011).

A gyepterületek csökkenésén túlmenően a megmaradt gyepterületek állapotát jelentősen befolyásoló tényező a fragmentálódás. Abban az esetben ha a tájban a természetes gyepek abszolút mennyisége és a denzitása egyaránt lecsökken, akkor a környező, többnyire mezőgazdasági területek csökkentik a gyepi fajok terjedésének és részpopulációik közötti kapcsolatok kialakulásának lehetőségét és szélsőséges esetben izolálják a gyepfoltokat egymástól (Zulka et al. 2014). A fragmentálódás következtében a korábban összefüggő gyepterületek összekapcsoltsága csökken, így megnövekszik a gyepeket körülvéző területek hatása, mely gyakran a gyepfoltok belsejében is jelentkezik. Kedvezőtlen esetben ez a többlettápanyagok bemosódását (műtrágya és szerves-trágya), gyomosodást vagy inváziós fajok megtelepedését is jelenti (Römermann et al. 2005).

A magyarországi gyepek területét az elmúlt évszázad során folyamatos csökkenés jellemezte. A 20. század első éveitől kezdve a gyepek területe mintegy 60%-kal csökkent; jelenleg a gyep művelési ágban lévő teljes terület mintegy 759,1 ezer hektár. Ennek a változásnak a hátterében a nemzetközi trendeknek megfelelően a művelés megváltozása áll. A területcsökkenés, a frag-

mentáció és degradáció az egyes gyeptípusokat nem egyenlő mértékben érintette. Míg a sík területeken lévő, produktív gyepek szinte teljesen megsemmisültek (lásd például löszgyepek, Tóth és Hüse 2014), addig a stresszelt élőhelyekre jellemző gyepek, melyek sem intenzív állattartásra sem mezőgazdasági művelésre nem voltak alkalmasak, jelentős kiterjedésben és jó állapotban maradtak fent (például szikes gyepek vagy sziklagyepek, Molnár et al. 2008).

A területcsökkenés, a fragmentáció és degradáció hatásainak mérséklésére a felhagyott agrárterületek egy részének gyepesítése kiváló lehetőséget teremt. A szántóföldek helyén zajló gyepesítés Európa szerte az egyik leggyakrabban használt élőhely-rekonstrukciós beavatkozás (Török et al. 2011). Ennek ellenére még a leggyakrabban alkalmazott magvetéses gyepesítés esetében is viszonylag kevés a gondosan tervezett és kivitelezett vizsgálat (de lásd például Pywell et al. 2002).

A gyepek létesítésére számos módszert dolgoztak ki (Török et al. 2011). Gyepek létesítése támaszkodhat kizárólagosan spontán szukcessziós folyamatokra, alkalmazhatók továbbá aktív gyepesítési módszerek, illetve a gyepesítés lehetséges e két módszer csoport kombinációja révén is (Prach és Hobbs 2008). Gyeprekonstrukciós beavatkozások során az egyik fontos kérdés az, hogy mennyiben támaszkodhatunk a spontán regenerációs folyamatokra gyepesítés során. A másik fontos kérdéskör, hogy mennyire hatékony módszer az aktív, magkeverékek vetésével zajló gyepesítés gyepek közösségek helyreállításában és gyomok visszaszorításában, illetve milyen körülmények mellett indokolt ennek a módszer csoportnak a használata.

Célkitűzések és kutatási kérdések

Kutatásaim során a spontán szukcesszió és a leggyakrabban alkalmazott aktív gyepesítési módszer, a magvetéses gyepesítés hatékonyságát, és gyeprekonstrukcióban betöltött szerepét vizsgáltam. Az értekezés három fő részre tagolódik. Az első részben áttekintem a spontán szukcesszió szerepét a gyepesedési folyamatokban, valamint három saját esettanulmányban vázolom a spontán szukcesszió alkalmazási lehetőségeit és korlátait a gyeprekonstrukciós beavatkozások szempontjából. Az ebben a tartalmi egységben tárgyalt esettanulmányok és megfogalmazott kutatási kérdések a következők:

✿ **Lőszgyepek spontán regenerációja lucernások helyén.** A vizsgálat célja volt a korábbi lucernások helyén zajló spontán gyeptelepülés tanulmányozásával, a spontán szukcessziós folyamatok sebességének és költség-hatékonyságának értékelése. Ennek során eltérő korú extenzíven kezelt lucernásokban zajló spontán gyeptelepülést tanulmányoztam tér- idő-helyettesítési módszerrel. A következő kérdésekre kerestem a választ: (1) Mennyire hatékony a lucerna a gyomok visszaszorításában? (2) Milyen gyorsan tűnik el spontán a vegetációfejlődési folyamatok során a lucerna? (3) Milyen gyors a spontán gyeptelepülés extenzíven kezelt lucernások helyén?

✿ **Homoki gyepek lúdlegelést követő spontán regenerációja.** Vizsgálataim során drasztikus libalegelést követő másodlagos vegetációfejlődés sajátosságait tanulmányoztam. Céлом volt általános vegetációfejlődési elméletek tesztelése illetve a másodlagos gyeptelepülés sebességének meghatározása és hatékonyságának értékelése. Az alábbi hipotéziseket teszteltem: (1) A szukcesszió folyamatában az idő előrehaladtával a közösséget alkotó fajok életideje növekszik. (2) A vegetációfejlődés kezdeti időszakában a vegetációfejlődés iránya a kezdeti fajkompozíciótól függ, de a későbbiekben ennek szerepe alárendeltté válik. (3) A diverzitás és fajszám a folyamatosan zajló betelepülés következtében az idő előrehaladtával folyamatosan emelkedik. (4) A fajkicserélődés mértéke az évelő borítás csökkenésével párhuzamosan fokozatosan csökken.

✿ **Spontán gyeptelepülés savanyú és meszes homokon.** Vizsgálataim során eltérő korú gyeptelepült parlagok tér-idő helyettesítési vizsgálatán keresztül a homoki gyeptelepülés spontán regenerálódásának lehetőségeit vizsgáltam Magyarország két homokterületén, a Kiskunságban és a Nyírségben. A vizsgálatok során az alábbi kérdésekre kerestem a választ: (1) Hogyan változik az egyes növényi funkcionális csoportok aránya szukcesszió folyamán? (2) Melyek azok a célfajok illetve fajcsoportok, melyek hatékonyan megtelepednek a felhagyott szántókon a spontán szukcesszió során? (3) Mennyire hatékony módszer a spontán szukcesszió gyepek helyreállításában a vizsgált időléptékben és táji környezetben?

A második részben vázolom a technikai gyeprekonstrukció leggyakrabban alkalmazott módszerét, a magkeverékek vetésével zajló gyepesítést, kitérve a módszer előnyeire, hátrányaira és alkalmazási lehetőségeire. Majd három esettanulmányon keresztül bemutatom a magvetéses gyeprekonstrukció alkalmazhatóságát és korlátait illetve más módszerekkel való kombinálhatóságának lehetőségeit konkrét gyeprekonstrukciós beavatkozásokban tapasztalt vegetációváltások értékelésén keresztül. A második részben tárgyalt esettanulmányok és az ezekben megfogalmazott kutatási kérdések a következők:

- ✿ **Szikes- és löszgyepek helyreállítása magkeverékek vetésével.** Vizsgálataim során alacsony diverzitású magkeverékek vetésével zajló gyeprekonstrukció sebességét és hatékonyságát értékeltem. Alacsony diverzitású magkeverékek vetésével gyepesített szántók kezdeti vegetációfejlődését tanulmányoztam. Az alábbi kérdésekre kerestem a választ: (1) Lehetséges-e a szántóföldi gyomok visszaszorítása kompetitor fűvekből álló magkeverékek vetésével és évi egyszeri kaszálással? (2) Milyen gyors az évelő fűvek által dominált közösségek létrejötte a vetést követően? (3) Gyorsítható- és irányítható-e a szukcesszió folyamata alacsony diverzitású magkeverékek vetésével?
- ✿ **Gyomok visszaszorítása magkeverékek vetésével.** Célom az volt, hogy értékeljem az egyik leggyakrabban használt gyeprekonstrukciós beavatkozás (magkeverék vetése és évi egyszeri kaszálás) szerepét gyepek biodiverzitásának helyreállításában és a gyomok visszaszorításában. A vizsgálataim során az alábbi kérdésekre kerestem a választ: (1) Mely gyomcsoportok szoríthatók a legkönnyebben vissza a módszer alkalmazása révén? (2) Hogyan befolyásolja az előtörténet és alkalmazott magkeverék típusa a gyomvisszaszorítás sikerességét? (3) Veszélyezteti-e a gyomvisszaszorítás sikerét a gyomok magbankból történő újratelepedésének lehetősége?
- ✿ **Gyepek helyreállítása szénaterítéssel kombinált magvetéssel.** A vizsgálat során az alacsony diverzitású magkeverék vetés és szénaráhordás kombinált alkalmazását tanulmányoztam abból a szempontból hogy elősegíti-e a két módszer együttes alkalmazása a hatékonyabb gyepesítést és gyomvisszaszorítást. A vizsgálat során az alábbi hipotéziseket teszteltem: (1) Alacsonyabb gyombiomassza és borítás várható a kombinált módszer alkalmazása esetén, mint a csupán csak magvetéssel gyepesített területeken. (2) Magasabb *Festuca* borítás várható a kombinált kezeléssel gyepesített területeken.

A dolgozat utolsó részében a spontán szukcessziós és technikai rekonstrukciós eredményeket követően egy összegző fejezetben összevetem a két gyeprekonstrukciós út előnyeit és hátrányait rámutatva a lehetséges alkalmazási lehetőségeikre és korlátaikra, valamint javaslatot teszek a restaurációs ökológiai kutatások további területeire és irányaira is.

Tudományos eredmények

Löszgyepek spontán regenerációja lucernások helyén

- ✿ Igazoltam, hogy vázfajok dominálta löszgyepek helyreállítása spontán szukcesszió és évi kétszeri kaszálás segítségével lucernások helyén lehetséges mintegy 10 év alatt.
- ✿ Kimutattam, hogy nincs a magvetéses gyepesítés és rövidéletű kultúrák felhagyását követően jellemző kezdeti gyomok dominálta stádium, továbbá nincs jelentős mértékű avarfelhalmozódás, szemben az aktív gyepesítési bevakozások során tapasztaltakkal.
- ✿ A lucerna spontán eltűnik, vagy borítása erőteljesen lecsökken a vetést követő egy évtizeden belül, így nincs szükség aktív és költséges eltávolítására.
- ✿ Alacsonyabb mikroélőhely-limitáltság várható, mint olyan technikai gyeprekonstrukciók esetében ahol kompetitor fajokat vetettek.

Következtetések – Olyan lucernások esetében, ahol a közelben természetes gypállományok találhatóak élő füvek dominálta löszgyep-vázközösségek helyreállításához nem feltétlenül szükségesek technikai gyepesítési módszerek. Rendszeres kaszálás mellett mintegy 10 év alatt a lucernások átalakulhatnak füvek dominálta gyepekké. Számos jellemző kétszikű élő kísérőfaj betelepedéséhez hosszabb idő illetve aktív propagulum-transzport lehet szükséges. Lucerna vetése kombinálva rendszeres kaszálással egyesítheti a spontán gypepedés és a technikai gyeprekonstrukció előnyeit, így mind mezőgazdasági, mind konzervációökológiai szempontból költséghatékony megoldást jelenthet. A módszer több előnnyel bír a technikai megoldásokkal szemben: (1) Nincs gyomok dominálta stádium és avarfelhalmozódás, szemben a technikai restaurációs beavatkozásokkal; (2) a lucerna spontán eltűnik, vagy borítása erőteljesen lecsökken a vetést követő egy évtizeden belül, mindezekből kifolyólag (3)

alacsonyabb mikroélőhely-limitáltság várható, mint olyan technikai gyeprekonstrukciók esetében ahol kompetitor fajokat vetettek. Végezetül (4) sokkal olcsóbb megoldást kínál, mint a technikai módszerekkel zajló gyesítés és a értékes széna nyerhető az első néhány évben a magas lucerna-borítás miatt, amelynek értékesítése tovább csökkentheti a költségeket.

Homoki gyepek lúdlegelést követő spontán regenerációja

- ☼ Kimutattuk, hogy a korábban szinte teljesen kipusztított, élő fajok dominálta homoki sztyeppvegetáció spontán regenerációja egy évtized alatt lehetséges, amennyiben megfelelő mennyiségű és minőségű propagulum-forrás áll rendelkezésre.
- ☼ Igazoltuk hasonló kezdeti fajösszetétellel rendelkező közösségek esetében az eltérő magassági fekvés következtében végbemenő eltérő alternatív szukcessziós utak jelenlétét.
- ☼ Igazoltuk, hogy a magassági fekvésből adódó eltérések hosszabb időléptékben meghatározóbbak a vegetáció fejlődése szempontjából, mint a kezdeti fajösszetételben tapasztalható eltérések.
- ☼ Megállapítottuk, hogy az alacsonyabb fekvésű területeken kialakuló magasabb évelő fűnemű borítás hatékonyabban visszaszorítja a gyomokat, de erőteljesebben csökkenti a célfajok spontán kolonizációs lehetőségeit, mint a magasabban fekvő területeken jellemző alacsonyabb fűnemű borítás.

Következtetések – Drasztikus denudációig tartó libalegelést követően homoki gyepp regenerálódása meglehetősen gyors, egy évtized alatt kialakulhat évelő füvek dominálta gyeptakaró. A vertikális pozíciótól függően azonban eltérő szukcessziós utakat azonosíthatunk. Az alsó helyzetű, jobb vízellátottságú területeken magas évelő fűdominancia alakult ki, mely megakadályozta a rövidéletű fajok többségének fennmaradását és megtelepedését. A gyomok visszaszorítása mellett ez az állapot kedvezőtlen lehet, hiszen a magas fűdominancia gátját jelentheti számos kísérőfaj betelepülésének. A felső helyzetű területeken az alacsonyabb évelő borítás lehetővé tette a magasabb fajsza fennmaradását, azonban több, gyeprekonstrukciós szempontból kedvezőtlen faj, köztük az *Ambrosia artemisiifolia* regenerációjának is kedvezett. Ritka kísérőfajok betelepülését

(*Iris humilis* subsp. *arenaria*, *Onosma arenaria*, *Pulsatilla pratensis* subsp. *hungarica*) egyik mitaterületen sem mutattuk ki, ami indokoltá teheti ezeknek a fajoknak az aktív betelepítését. Ez a propagulum-bevitel történhet széna terítésével, célzott vetéssel vagy kinevelt növényegyedek beültetésével, illetve legelő állatok által. A célzott propagulum-bevitel megfelelő időpontja a felvehető talajnitrogén tartalom lecsökkenése után, a 3. és 5. szukcessziós évet követő időszak. Az alsó helyzetű területeken mindenképpen fontos, hogy a propagulumbevitelre az élő borítás kialakulása előtt, a 8. és 10. szukcessziós év környékén kerüljön sor, hiszen a későbbi időpontokban a kialakuló magas élő borítás nem meghatározott időre csökkentheti a megtelepedés sikerességét.

Spontán gyepesedés savanyú és meszes homokon

- ✿ A homoki gyepvegetáció spontán fejlődésének iránya mindkét táji környezetben a gyepesítési célközösségek felé mutatott.
- ✿ Kimutattam, hogy a célfajok többsége már a szukcesszió korai szakaszában megtelepedett a gyepesedő parlagokon.
- ✿ Igazoltuk az alapító hatás jelentőségét - azaz azok a célfajok mutathatók ki magasabb borításban az idősebb parlagokon, amelyek már a fiatal parlagokra is betelepültek
- ✿ A gyepregeneráció sikerességét erősen befolyásolta a vizsgált mintavételi régió degradáltságának mértéke.

Következtetések – A spontán szukcesszió Közép-Európában a homoki gyepek helyreállításának egy ígéretes módszere lehet. Mindazonáltal a sikerességet jelentős mértékben befolyásolja a helyreállítani kívánt terület környezete és propagulumellátottsága. Az eredményeink alapján az látható, hogy azok a célfajok tudnak a legsikeresebben megtelepedni, melyek már a szukcesszió korai fázisában megjelennek a fiatal parlagokon. Különösen magas lehet a megtelepedés esélye, ha a betelepülő fajok a vegetációfejlődés első néhány évében települnek be még az élő klonális fajok magas borításának kialakulása előtt. Ennek okán nagyon fontos a fajok betelepülését elősegíteni olyan régiókban ahol a célgyepek csak elszórtan helyezkednek el a tájban és ezért propagulum-limitáltság áll fenn.

Szikes- és löszgyepek helyreállítása magkeverékek vetésével

- ☼ Kimutattuk, hogy alacsony diverzitású magkeverékek vetésével jelentősen felgyorsítható a gyepesedés folyamata, 2-3 év alatt évelő fűvek dominálta gyeppé hozható létre.
- ☼ Igazoltuk, hogy alacsony diverzitású magkeverékek vetése megfelelő egy vázfajok dominálta szikes gyepek közösség létrehozására, így költség-hatékony megoldás lehet szikes gyepek helyreállításában.
- ☼ Magas diverzitású löszgyepi közösségek helyreállítása kis mennyiségben rendelkezésre álló propagulumforrások és a löszgyepi fajok korlátozott terjedőképessége mellett csak kiegészítő aktív beavatkozások segítségével valósulhat meg.

Következtetések – A késői szukcessziós állapotokra jellemző kompetitor fűfajok vetése jelentősen növeli a gyepregeneráció sebességét, emellett hatékony lehet mezőgazdasági gyomok visszaszorításában is. Az évelő fűvek dominálta gyeppé gyorsan, mintegy 2–3 év alatt kialakul és hatékonyan visszaszorítja a rövidéletű gyomfajokat. Alacsony diverzitású magkeverékek vetésével is helyre lehet állítani természetközeli gyepek közösségeket, ha biztosítottak a megfelelő propagulum-források és a hosszútávú kezelés feltételei. Fajgazdag löszgyepek fajkészletének teljes mértékű helyreállítása azonban további kiegészítő beavatkozásokat igényel, hiszen a kétszikű kísérőfajoknak csak lassú spontán betelepülését tapasztaltuk. A gyorsan kialakuló évelő borítás negatív hatást fejthet ki a fajgazdagságra, illetve akadályozza a nem vetett célfajok spontán betelepülését az erős kompetíció következtében. Ezért a kompetitor fajok nagyobb vetőmagnormájú vetése csak olyan helyeken javasolt, ahol magas az erózió, a defláció veszélye illetve nagyobb az inváziós fajok megtelepedésének esélye. A hagyományos legeltetés (birká vagy szarvasmarha) bizonyítottan segítheti a diasporák bejuttatását a célterületekre. A hagyományos kaszálási rendszerek visszaállítása illetve természetes állapotú gyepekből származó széna bejuttatása a gyepesített területre további módjait jelenthetik a fajgazdagság növelésének.

Gyomok visszaszorítása magkeverékek vetésével

- ✿ Igazoltam, hogy kompetitor füvekből álló magkeverékek vetése már a vetést követő második évre hatékonyan csökkenti a rövidéletű gyomfajok fajsámát, borítását.
- ✿ Megállapítható volt, hogy az alkalmazott magkeverék és a szántók előveteményének típusa befolyásolta az évelő gyomok visszaszorításának mértékét és sikerességét.
- ✿ Előveteménytől függően jelentős eltéréseket mutattunk ki az évelő gyomok tekintetében, ami rámutatott arra, hogy az eltérő előveteményű területek eltérő gyeprekonstrukciós kezeléseket igényelhetnek; a lucerna előveteményű területeken az *Elymus* fajok, míg a napraforgó és gabona elővetemény esetében a *Cirsium arvense* növekvő borítását mutattuk ki.
- ✿ Megállapítható volt, hogy évelő gyomok visszaszorítása a vizsgálat időléptékében (1–3 év) csak a tarackoló *Bromus inermis*-t tartalmazó lősz magkeverék esetében volt egyértelműen sikeresnek tekinthető.
- ✿ Számos a vegetációban sikerrel visszaszorított rövidéletű gyom magas sűrűségű magbankját mutattuk ki a talajban, így egy későbbi bolygatás esetében a gyepesített terület újragyomosodásával is számolnunk kell.

Következtetések – A gyepesedés folyamatát késleltetheti ha (1) a helyreállítani kívánt gyeptársulásra jellemző magbank és további magforrások hiányoznak, (2) magas a talaj tápanyagtartaloma, illetve ha (3) a gyomok megnövekedett vegetatív és generatív propagulum készlettel rendelkeznek a talajban. Az utóbbi két tényező jelentőségét az első tényezőhöz képest általában alulértékelik, és gyeprekonstrukció sikerének kulcsát általában a gyepi fajok propagulum limitáltságának megszüntetésében látják. Ennek okán javasolják a magvetést, mint a propagulumbevitel legegyszerűbb módját az intenzív és gyors gyomosodás megakadályozására és évelő gyepvegetáció helyreállítására. Vizsgálataim során igazolást nyert, hogy a gyomvisszaszorítás hatékonysága, magvetés és évi egyszeri kaszálás alkalmazásakor nagyban függ a gyepesíteni kívánt szántó előveteményétől és a használt magkeverék típusától. Több szik magkeverékkel gyepesített szántón a vetést követően fokozatosan növekedett az évelő gyomok borítása, míg a lősz magkeverékkel gyepesített szántókon a harmadik évre általában alacsony évelő gyomborítást találtunk. Ennek a különbségnek fő oka az,

hogy lősz magkeverék *Bromus inermis* magjait is tartalmazta, mely magas növéssű, klonálisan szaporodó kompetitor fűfajként, hatékonyabban versengett a *Cirsium arvense*-vel és *Agropyron repens*-szel, mint a szikes gyepesítéseken az alacsony zsombékoló füvek. Az eltérő előveteményű, de azonos magkeverékkel gyepesített szántóterületeken is eltérő volt a gyepesítés sikeressége. A lucerna előveteményű területeken főleg évelő fűnemű gyomokat figyeltünk meg (*Agropyron* fajok), míg a gabona és napraforgó előveteményű területekre a *Cirsium arvense* elszaporodása volt jellemző. A lucerna, évelő kétszikű fajként eredményesen akadályozhatja egyes évelő kétszikű gyomfajok, köztük a *Cirsium arvense* megletelepedését is. Mindezen eredmények rámutatnak arra, hogy az eltérő magkeverék alkalmazásával vagy eltérő előveteményű területeken zajló gyepesítés esetében a hasonló sikerességhez gyakran eltérő mértékű és típusú beavatkozások és utókezelések szükségesek.

Gyepék helyreállítása szénaterítéssel kombinált magvetéssel

- ☼ Vizsgálataimban kimutattam, hogy a kiegészítő szénaterítés alkalmazása jelentősen gyorsította a gypvegetáció kialakulását és nagyobb mértékű gyomvisszaszorítást tapasztaltunk már a gyepesítés első évében a kiegészítő szénaterítéssel gyepesített területeken mint a csak magvetéssel gyepesítetteken.
- ☼ A kiegészítő szénaterítéssel gyepesített területeken magasabb *Festuca* borítást és biomasszát mutattunk ki mint a csak magvetéssel gyepesített területeken.

Következtetések –Vizsgálataim igazolták, hogy kombinált alkalmazásuk esetében egyesíthetőek a magvetés és a szénaterítés előnyei. Csupán évelő fűmagok vetésével is lehetséges hatékony gyomvisszaszorítás de általában nem az első évben és gyakran csak magas vetőmagnorma alkalmazása mellett (rendszerint magasabb vetőmagnorma mint 30kg/ha). Kiegészítő szénatakarás mellett a hatékony gyomvisszaszorítás alacsony vetőmagnorma mellett is lehetségesnek bizonyult. Az alacsony vetőmagnormájú fűmag vetése biztosította a gyepesítés magas irányíthatóságát, míg a szénaterítés hatékony gyomvisszaszorítás mellett további célfajok betelepülését is elősegítette. Eredményeink rámutatnak, hogy megfelelő minőségű fajgazdag széna terítésével a két módszer együttes alkalmazása kiválthat-

ja a jóval költségesebb magas vetőmagnormájú magas diverzitású vetést. A szénaterítés további indirekt konzervációs hozadéka, hogy kiemelt fontosságúvá teszi a gyepesítéshez jó minőségű szénát adó referencia gyepek rendszeres kezelését és fenntartását.

Gyeprekonstrukciós következtetések

Spontán szukcesszió szerepe gyepek helyreállításában

Saját vizsgálataim és az eddigi közép-európai vizsgálatok alapján többnyire az látható, hogy a spontán szukcesszió számos esetben sikeresen alkalmazható vázfajokból álló gyepek helyreállítására. Vizsgálataimmal igazoltam, hogy fűvek dominálta gyepvegetáció helyreállítása lehetséges a művelés felhagyását vagy a degradáció megszüntét követő mintegy 10-20 év során. A gyepesedés sikerét azonban erőteljesen befolyásolja a terület előtörténete (művelés időtartama, talajtápanyag tartalom), az alkalmazott kezelés (legeltetés illetve kaszálás megléte illetve hiánya) illetve a táji környezet propagulum-ellátottsága. Ezekkel a megállapításokkal összhangban több vizsgálat is rámutatott arra, hogy a spontán gyepesedés folyamata gyakran akadályozott, vagy lassú is lehet (Matus et al. 2005; Stadler et al. 2007; Lencová és Prach 2011). Prach és Hobbs (2008) a produktivitás – stressz grádiens vizsgálgva megállapította, hogy a spontán szukcesszió a grádiens szélső értékei közelében a legkevésbé megbízható és biztosít gyors gyepesedést (például igen száraz és tápanyagszegény, valamint igen nedves és tápanyagban gazdag élőhelyek esetében), így a referencia gyepvegetációra jellemző összetételű gyepközösség spontán regenerálódásának esélye ezekben az esetekben a legalacsonyabb. Az igen száraz, tápanyagszegény élőhelyek esetében a specialista célfajok spontán megtelepedése és túlélése gyakran igen alacsony mértékű (Prach és Pyšek 2001), ezzel ellentétben a magas tápanyagtartalmú nedves területeken az intenzív gyomosodás akadályozhatja a megtelepedést. Kimutattuk, hogy a spontán gyepesedés folyamatát egyes helyi tényezők, úgymint a vertikális magasság-különbségek igen jelentős mértékben befolyásolják. Míg a kezdeti vegetációfejlődés során inkább a lokális propagulum készlet és a terjedési folyamatok a meghatározóak a vegetáció összetételének alakításában, addig a későbbiekben a lokális faktorok, mint a mikrodomborzat és az ezzel

gyakran összefüggésben változó nedvességviszonyok válnak meghatározóvá (lásd még például Prach et al. 2014).

Számos célfa spontán betelepülésére még rendelkezésre álló magforrások mellett is csak korlátozottan számíthatunk. Vizsgálataink alapján láthattuk, hogy többnyire azok a célfajok megetelepődése bizonyult sikeresnek, melyek a szukcesszió kezdeti időszakában meg tudtak telepedni. A szukcesszió középszakaszában, rendszerint a vegetációfejlődés 3–10. évében, klonálisan jól terjedő évelő fűfajok megetelepődését és dominanciájának kialakulását követően a kísérőfajok betelepülése igen korlátozottá válhat (Bartha et al. 2014). A kísérőfajok fokozottabb betelepülésére vagy a kezdeti szakaszban, vagy a középszakaszt követően, akkor számíthatunk ha a talajban a mezőgazdasági művelés miatt visszamaradt többlettápanyag tartalom kimerül. Ez utóbbi folyamat azonban rendszerint igen lassú, de némileg gyorsítható megfelelő típusú és intenzitású kezelés alkalmazásával (rendszeres biomassa eltávolítás kaszálással; Török et al. 2011a).

A spontán szukcessziós folyamatok sikeréhez a lokális tápanyagellátottság befolyásolásán túlmenően jelentős mértékben hozzájárulhat a terület kezelése: legeltetése és/vagy rendszeres kaszálása. A legeltetés különösen hatékony lehet abban az esetben, ha a legeltetési rend úgy kerül megtervezésre, hogy a nap elején a legelő állatállományt a természetközeli állapotú gyepekről hajtják át a gyepesedő területekre (Deák et al. 2008). Ennek megfelelően nagy fontossággal bír a kolonizációban fontos szerepet betöltő, a tájban elszórtan elhelyezkedő természetes állapotú gyepfoltok megőrzése, melyek területe egyes tájegységeken belül szinte kizárólag a szántók mellett található mezsgyékre korlátozódik. Kiemelhető továbbá, hogy mivel a felhagyások túlnyomóan a rossz minőségű termőföldeket és egyéb mezőgazdasági területeket érintették, így a legjobb minőségű talajokon (például a mezősegi talajokon) zajló spontán gyepesedési folyamatokról igen kevés információval rendelkezünk.

A spontán szukcessziós folyamatok táji szintű értékelésére eddigiekben csak kevés kísérlet történt. Ennek oka főként a nagy területre kiterjedő és nagy ismétlésszámmal dolgozó vizsgálatok hiánya (de lásd például Bartha et al. 2014 vagy Prach et al. 2014). Az ilyen jellegű vizsgálatok és elemzések, valamint az elemzések elvégzéséhez szükséges országos és regionális adatbázisok kiépítése gyakorlati és tudományos szempontból is fontos feladat. Az eddigi vizsgálatok rámutatnak arra, hogy tájszinten zajló regenerációt igen erősen befolyásolják a táji léptékben zajló propagulumterjesztési folyamatok illet-

ve a légköri nitrogéndepozíció is (Bakker 2014). Mindezek alapján jól látható, hogy a gypesedési folyamatot a táji léptékű folyamatok és helyi tényezők együttes hatása alakítja, ezért a spontán gypesedés sikeressége és alkalmazási feltételeinek megítélése minden egyes gypesítési beavatkozás esetében egyedi elbírálás alá esik. Az eddigi eredmények és saját vizsgálataink is rámutatnak arra, hogy gyors és sikeres spontán gypesedési folyamatokra elsősorban azokon a többnyire kis kiterjedésű parlagokon támaszkodhatunk, ahol (1) a mezőgazdasági művelés csak rövid ideig tartott, (2) a gypegenerációt biztosító propagulum-források a közelben jelen vannak, (3) az invazív fajok megtelepedésének lehetősége elhanyagolható, illetve (4) a gyomfajok közül többnyire a gyorsan és hatékonyan visszaszoruló rövidéletű fajok megtelepedésére számíthatunk.

Technikai gyeprekonstrukció gyepek helyreállításában

Abban esetben ha a célfajok betelepülése lassú vagy erősen korlátozott a gypesíteni kívánt területre – többnyire megfelelő propagulumforrások hiányában – a célfajok megtelepedéséhez célzott betelepítés illetve propagulum-bevitel szükséges. Technikai gyeprekonstrukció során – áthidalva a többnyire a gypfragmentálódás következményeként kialakult propagulumlimitációt – célzottan többnyire alacsony vagy magas diverzitású magkeverékek formájában juttatjuk be a célfajokat a gypesíteni kívánt területre (Török et al. 2011). Az alacsony diverzitású keverékek használatát akkor javasolják a restaurációs gyakorlatban, ha (1) viszonylag nagy területen kell gypesíteni (legalább több tíz, de akár több száz hektáron), (2) nagyon rövid idő áll rendelkezésre a gypesítés végrehajtására (gyomosodás veszélye, erózióvesztés), (3) az elsődleges cél nem egy fajgazdag gypközösség helyreállítása, hanem tájsebek eltüntetése illetve egy gypmátrix létrehozása annak érdekében, hogy az egymástól gyakran távolosó gypfoltokat összekapcsoljuk, illetve pufferzónát létesítsünk körülöttük a további degradálódás megállítása érdekében (Walker et al. 2004).

A vizsgálataink során kimutattuk, hogy az alkalmazott két- illetve három-fajos alacsony diverzitású magkeverékekkel zajló gypesítés igen hatékony és gyors módszer vázfajokból álló gyepek létesítésére és a vetett keverékek hatékonynak bizonyultak különösen a rövidéletű gyomfajok visszaszorításában (Deák et al. 2011, Török et al. 2010). Eredményeink azonban arra is rámutat-

tak, hogy a gyomvisszaszorítás mértéke és sikeressége erőteljesen függött az alkalmazott magkeverék összetételétől illetve a gyepesíteni kívánt terület előtörténetétől (Török et al. 2012).

A vetett fajok mellett számos további célfaj spontán betelepülését is tapasztaltuk, azonban jelentős különbséget tapasztaltunk a lösz- illetve a szikes gyepekre jellemző fajok betelepülési sikerében. Míg a közönségesebb, szikes gyepekre jellemző fajok a táji környezetben jellemző szikes gyepekből viszonylag gyorsan betelepedtek, addig a löszgyepek többnyire kétszikű kísérfajai csak elvétve telepedtek be (Török et al. 2010). Ennek fő oka többnyire a két gyeptípus jó természetességű állományainak eltérő mértékű kiterjedésében és fragmentáltságában keresendő. A táji környezetben kiterjedt szikes gyepek maradtak fenn és a szikes fajok jelentős része a gyepesített területekkel határos nedves réteken és mocsárszegélyekben is előfordult, míg jó állapotú löszgyepeknek csupán kis kiterjedésű maradványai maradtak meg a régióban. Ezt a magyarázatot támasztja alá Lencová és Prach (2011) vizsgálata is, melyben a gyepesedési folyamat sikerességét befolyásoló elsődleges tényezőnek a táj propagulum-szolgáltató képességét találták. A vizsgálat azt mutatta ki, hogy bár magkeverékek vetése az első néhány évben fokozottabb gyepesedési sebességet eredményez, a gyepesedés sikere hasonlóvá válik mintegy 20 évet követően függetlenül az alkalmazott gyepesítési technikától (kommerz kereskedelmi forgalomban kapható keverékek vetése és spontán szukcesszió, Lencová és Prach 2011). Ezzel szemben a regionális fajgazdag magkeverékek vetése – bár jóval magasabb költségek mellett – a Fehér-Kárpátokban fajgazdagabb gyepek létesítését tette lehetővé, mint a spontán szukcesszió vagy a kommerz magkeverékek vetése (Mitchley et al. 2012). Azonban magas diverzitású keverékek összeállítása és vetése nagyobb területen az általunk vizsgált régióban – de Közép-Európa túlnyomó részén nem megoldható (de lásd például Jongepierová et al. 2007). Kereskedelmi forgalomban a régióból származó lösz- és szikes gyepi fajok magjai nem kaphatóak. Regionális fűmagkeverékek betakarítása és összeállítása ezzel szemben viszonylag egyszerű, mivel a régióban a betakarítás, kezelés és tárolás módszertana kidolgozott és a Hortobágyi Nemzeti Parkban rendszeresen végzett tevékenység. A többnyire kétszikű színezőelemek esetében javasolható a meglévő gyepekből történő magbetakarítás vagy magtermelő állományok létesítése (Kiehl et al. 2014). Eredményeink alapján javasolható vagy a szénaterítés és az alacsony diverzitású magvetés, vagy magas- és alacsony diverzitású magvetés kombinálása (Török et al. 2012). Ennek során az alacsony diverzitású keverékeket a

teljes gyepesítési területen egy gyepmátrix létrehozására használjuk viszonylag alacsony vetőmagnormával (max. 10kg/ha) és ezen belül kisebb foltokban vagy szénaterítést, vagy magas diverzitású keverék (magas vetőmagnorma kis területen a biztos megtelepedés érdekében) vetését alkalmazzuk. Ezekkel a módszerekkel kolonizációs gócpontokat hozhatunk létre a gyepesítési területen, ahonnan mint magforrásokból a vetett kísérőfajok spontán módon betelepülhetnek a teljes területre (Török et al. 2011). Azonban nagyon fontos a mátrixfaj megválasztása, hiszen ha egy jól terjedő klonális fajt választunk, akkor az nagy borításban megtelepedhet a szénaterítéssel illetve magas diverzitású keverékekkel vetett foltokban és kompetitíven kizárhatja a vetett kísérőfajokat (Pakeman et al. 2002, Mitchley et al. 2012).

Összességében elmondhatjuk, hogy mind a spontán szukcesszió mind a technikai módszerekkel zajló gyeprekonstrukció hatékony lehet gyepek helyreállítására, de egyik sem javasolható kizárólagos módszerként gyepek helyreállításában. Véleményem szerint azokban az esetekben ahol a spontán szukcesszió megfelelően gyors gyepesedést tesz lehetővé, ott azt előnyben kell részesíteni a költségesebb technikai megoldásokkal szemben.

Felhasznált irodalom

- Bakker J. P. (2014): Regeneration in chalk grassland during 150 years in a military area. *Applied Vegetation Science* **17**: 611–612.
- Bartha S. et al. (2014): Impact of mid-successional dominant species on the diversity and progress of succession in regenerating temperate grasslands. *Applied Vegetation Science* **17**: 201–213.
- Deák B. et al. (2008): Szik- és löszgyep-rekonstrukció vázfajokból álló magkeverék vetésével a Hortobágyi Nemzeti Park területén (Egyek-Pusztakócs). *Tájökológiai Lapok* **6**: 323–332.
- Deák B. et al. (2011): Litter and graminoid biomass accumulation suppresses weedy forbs in grassland restoration. *Plant Biosystems* **145**: 730–737.
- Dengler J. et al. (2014): Biodiversity of Palaearctic grasslands: a synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **182**: 1–14.
- Jongepierová I. et al. (2007): A field experiment to recreate species rich hay meadows using regional seed mixtures. *Biological Conservation* **139**: 297–305.
- Kiehl K. et al. (eds.) (2014): *Guidelines for native seed production and grassland restoration*. Cambridge Scholars Publishing, Newcastle upon Tyne.

Lencová K., Prach K. (2011): Restoration of hay meadows on ex-arable land: commercial seed mixtures vs. spontaneous succession. *Grass and Forage Science* **66**: 265–271.

Matus G. et al. (2005): Impact of management on vegetation dynamics and seed bank formation of inland dune grassland in Hungary. *Flora* **200**: 296–306.

Mitchley J. et al. (2012): Regional seed mixtures for the re-creation of species-rich meadows in the White Carpathian Mountains: results of a 10-yr experiment. *Applied Vegetation Science* **15**: 253–263.

Molnár Zs. et al. (2008): Distribution of the (semi-)natural habitats in Hungary I. Marshes and grasslands. *Acta Botanica Hungarica*, **50** (Suppl.): 59–106.

Pakeman R. J. et al. (2002): Species spread and persistence: implications for experimental design and habitat recreation. *Applied Vegetation Science* **5**: 75–86.

Prach K., Pyšek P. (2001): Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: Experience from Central Europe. *Ecological Engineering* **17**: 55–62.

Prach K., Hobbs R. J. (2008): Spontaneous succession versus technical reclamation in the restoration of disturbed sites. *Restoration Ecology* **16**: 363–366.

Prach K. et al. (2014): Vegetation succession in restoration of disturbed sites in Central Europe: the direction of succession and species richness across 19 seres. *Applied Vegetation Science* **17**: 193–200.

Pywell R. F. et al. (2002): Restoration of species-rich grassland on arable land: assessing the limiting processes using a multi-site experiment. *Journal of Applied Ecology* **39**: 294–309.

Römermann C. et al. (2005): Influence of former cultivation on the unique Mediterranean steppe of France and consequences for conservation management. *Biological Conservation* **121**: 21–33.

Ruprecht E. et al. (2009): Steppe-like grasslands in Transylvania (Romania): characterisation and influence of management on species diversity and composition. *Tuexenia* **29**: 353–368.

Stadler J. et al. (2007): Spontaneous regeneration of dry grasslands on set-aside fields. *Biodiversity & Conservation* **16**: 621–631.

Stampfli A., Zeiter M. (1999): Plant species decline due to abandonment of meadows cannot easily be reversed by mowing. A case study from the southern Alps. *Journal of Vegetation Science* **10**: 151–164.

Török P. et al. (2010): Restoring grassland biodiversity: Sowing low-diversity seed mixtures can lead to rapid favourable changes. *Biological Conservation* **143**: 806–812.

Török P. et al. (2011): Grassland restoration on former croplands in Europe: an assessment of applicability of techniques and costs. *Biodiversity & Conservation* **20**: 2311–2332.

Török P. et al. (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.

Török P. et al. (2014): Traditional cattle grazing in a mosaic alkali landscape: Effects on grassland biodiversity along a moisture gradient. *PlosONE* **9**: e 97095.

Tóth K., Hüse B. (2014): Soil seed banks in loess grasslands and their role in grassland recovery. *Applied Ecology and Environmental Research* **12**: 537–547.

Valkó O. et al. (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.

Walker K. J. et al. (2004): The restoration and re-creation of species-rich lowland grassland on land formerly managed for intensive agriculture in the UK. *Biological Conservation* **119**: 1–18.

Zulka K. P. et al. (2014): Species richness in dry grassland patches in eastern Austria: a multi-taxon study on the role of local, landscape and habitat quality variables. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **182**: 25–36.

Az értekezés alapját képező tudományos közlemények

- ✿ **Török P.**, Matus G., Papp M., Tóthmérész B. (2008): Secondary succession of overgrazed Pannonian sandy grasslands. *Preslia* **80**: 73–85. IF: 2,396
- ✿ **Török P.**, Matus G., Papp M., Tóthmérész B. (2009): Seed bank and vegetation development of sandy grasslands after goose breeding. *Folia Geobotanica* **44**: 31–46. IF: 1,320
- ✿ **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. IF: 3,498
- ✿ **Török P.**, Kelemen A., Valkó O., Deák B., Lukács B., Tóthmérész B. (2011): Lucerne-dominated fields recover native grass diversity without intensive management actions. *Journal of Applied Ecology* **48**: 257–264. IF: 5,045
- ✿ **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. *Biodiversity and Conservation* **20**: 2311–2332. IF: 2,238
- ✿ Deák B., Valkó O., Kelemen A., **Török P.**, Miglécz T., Ölvedi T., Lengyel Sz., Tóthmérész B. (2011): Litter and graminoid biomass accumulation suppresses weedy forbs in grassland restoration. *Plant Biosystems* **145**: 730–737. IF: 1,418
- ✿ **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. IF: 1,535
- ✿ **Török P.**, Miglécz T., Valkó O., Kelemen A., Tóth K., Lengyel Sz., Tóthmérész B. (2012): Fast restoration of grassland vegetation by a combination of seed mixture sowing and low-diversity hay transfer. *Ecological Engineering* **44**: 133–138. IF: 2,958
- ✿ Albert Á.-J., Tóthmérész B., **Török P.** (2013): Közép-európai parlagokon zajló sponztán gyepesedési folyamatok restaurációs ökológiai szempontú értékelése. *Botanikai Közlemények* **100**: 201–216.
- ✿ Dengler J., Janišová M., **Török P.**, Wellstein C. (2014): Biodiversity of Palaearctic grasslands: a synthesis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **182**: 1–14. IF(2013): 3,203
- ✿ Albert Á.-J., Kelemen A., Valkó O., Miglécz T., Csecserits A., Rédei T., Deák B., Tóthmérész B., **Török P.** (2014): Secondary succession in sandy old fields: a promising example of spontaneous grassland recovery. *Applied Vegetation Science* **17**: 214–224. IF(2013): 2,416