

MTA doktora Pályázat
Doktori értekezés tézisei

**Termőhelyi változatosság, táji környezet
és tájhasználat szerepe gyepi növényközösségek élőhelyi
mintázatainak és fajkészletének kialakításában**

Deák Balázs

Debrecen, 2018

Bevezetés

Az eurázsiai gyepek fajgazdagsága és fajmegőrző szerepe világszinten is kiemelkedő. A kiemelkedő fajgazdagság köszönhető egyrészt a gyepek változatos termőhelyi adottságainak, másrészt a sok évszázados hagyományos, extenzív tájhasználatnak (Deák et al. 2014 a,b, 2016a, Tälle et al. 2016). Napjainkban a megváltozott tájhasználat, az élőhelyek eltűnése, fragmentációja és izolációja miatt a gyepek gyakran kis kiterjedésű élőhelyszigetek formájában maradtak fenn, melyek fajszerződésére a termőhelyi változatosság és használat mellett jelentős hatással vannak az egyéb lokális élőhelyi és táji változók is (Heinken és Weber 2013, Deák et al. 2018).

Gyepekben a termőhelyi változatosság kis térbeli léptéken belül is képes fenntartani számos, egymástól eltérő termőhelyi tulajdonságokkal rendelkező mikroélőhelyet, melyek egyedi fajkészlettel rendelkeznek (Deák et al. 2014a, 2015a, 2017). Ez a jelenség hozzájárul a táji szintű élőhelyi mozaikosság fenntartásához, valamint a közösségen belüli és a táji léptékeken is értelmezhető faji sokféleség megteremtéséhez és fenntartásához (Lundholm 2009, Deák et al. 2016a). A termőhelyi változatosság a természetes és regenerálódó gyepekben egyaránt jelentős hatással van az élőhelyi sokféleségre és a növényi közösségek fajszerződésére (Deák et al. 2014a, 2015a,b, 2017).

Az élőhelyi feltételeknek megfelelő használati mód, amely gyepekben hagyományosan lehet legeltetés és kaszálás, biztosítja az élőhelyre jellemző struktúra és fajkészlet fenntartásához szükséges zavarás mértékét (Tälle et al. 2016, Deák et al. 2017). A jól megválasztott használati mód hozzájárul a termőhelyi változatosság által kialakított mintázatok fenntartásához, vagy akár növelheti is a vegetáció mozaikosságát (Vadász et al. 2016). Az elsősorban tájhasználati változásokból fakadó, a használat módját vagy intenzitását érintő kedvezőtlen változások, mint például a felhagyás, vagy a használat intenzifikációja az élőhelyek degradációját, egyes esetekben eltűnését is eredményezhetik (Lindborg et al. 2014, Deák et al. 2016a).

Az élőhelyszigetek növényzetének fajkészletét számos olyan speciális lokális és táji tényező határozza meg, amely a nagy kiterjedésű gyepterületeken nem jellemző (Heinken és Weber 2013, Deák et al. 2016a). Az élőhelyek kis kiterjedése és elszigeteltsége miatt a fajok populációira jelentős hatással van az emberi zavarás, a kezelés elmaradásából adódó növényi invázió valamint az izoláció hatására bekövetkező genetikai elszigeteltség is (Dembicz et al. 2016, Deák et al. 2018). Az élőhelyszigetek előforduló populációk fennmaradását elősegíthetik egyes növényi sajátságok, mint például a perzisztenciával kapcsolatos jellegek (Marini et al. 2012). A jó terjedőképesség megítélése nem ennyire egyértelmű, a populációkra kifejtett hatása jelentősen függ az izoláció mértékétől (Riba et al. 2009, Deák et al. 2018).

Az értekezés felépítése

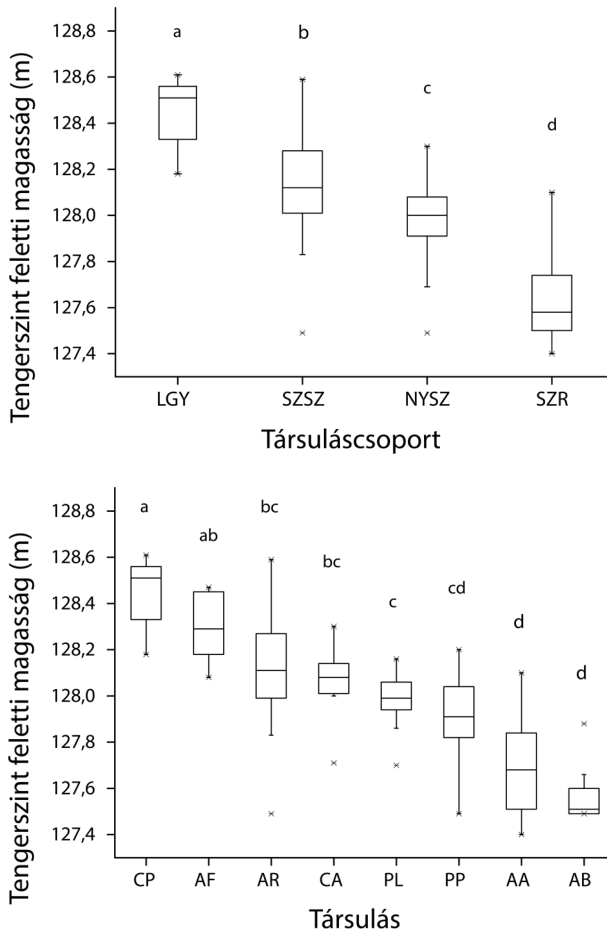
Értekezésemben a termőhelyi változatosság, a tájhasználati változások, a tájszerkezet valamint ezen tényezők interakciójának gyepi növényközösségekre kifejtett hatását vizsgáltam. Kutatásaim során két, természetvédelmi szempontból kiemelten fontos vegetációtípus, az eurázsiai sztyeppi és erdőssztyeppi vegetáció fajszerveződésével kapcsolatos ökológiai kérdésekre kerestem választ tájleptékű terepi botanikai illetve távérzékelt adatok elemzésével. Az értekezésben tárgyalt kutatási eredmények 9 szakcikk és 1 áttekintő tanulmány eredményein alapulnak. Az értekezés három fő részre tagolódik.

Az első részben arra keresem a választ, hogy a termőhelyi változatosság hogyan befolyásolja a vegetáció fajszerveződését nyílt talajfelszíneken kialakult regenerálódó gyepi közösségekben, és vizsgálom a termőhelyi változatosság szerepét a szárazgyepék élőhelyi mintázatának kialakításában. A második részben a gyepi élőhelyszigetek szerepét vizsgálom a táji szintű faji sokféleség, valamint a gyepi élőhelyhálózatok fenntartásában. Értékelem az

élőhelyszigetekre jellemző lokális élőhelyi- és táji változók fajszerveződésre kifejtett hatásait, valamint azt, hogy mely növényi sajátosságok teszik lehetővé a fajok fennmaradását ezeken az élőhelyeken. A harmadik részben a tájhasználat fajgazdagságra és élőhelyi sokféleségre kifejtett hatásait vizsgálom hazai szikes és közép-ázsiai sztyeppi tájakban. Saját terepi kísérletek alapján vizsgálom a kis élőhelyszigetek rekonstrukciójának lehetőségeit. Az értekezés eredményei alapján ajánlást teszek a fragmentált szárazgyepek hatékonyabb kezelését és védelmét szolgáló módszerekre.

Mikrotopográfia szerepe szikesek élőhelyi mintázatainak kialakításában

A környezeti változatosságnak, különösen a topográfiának jelentős szerepe van a növényzeti mintázatok kialakításában (Lundholm 2009). A domborzat által biztosított változatos felszíneken eltérő abiotikus feltételekkel rendelkező mikroélőhelyek jönnek létre, melyek növényzete gyakran kis léptéken is jelentős különbségeket mutat (Lundholm 2009, Deák et al. 2014a, 2015a). A jelenség vizsgálatára különösen alkalmasak a szikes élőhelyek, ahol a terepi megfigyelések alapján a mikrotopográfia és a növényzeti mintázatok között szoros kapcsolat tapasztalható (Tóth és Kertész 1996, Molnár és Borhidi 2003). Kutatásunkban hortobágyi terepi botanikai felmérések és távérzékelt adatokon alapuló digitális terepmodellek összevetésével azt vizsgáltuk, hogy a szikes tájakra jellemző mikrotopográfiai változatosság hogyan befolyásolja az élőhelyi mintázatok kialakulását, valamint azt, hogy a növényzeti típusok (társulások és társuláscsoportok) elkülönülnek-e egymástól a termőhelyük tengerszint feletti magassága alapján (Deák et al. 2014a). Teszteltük továbbá számos topográfiai mérőszám alkalmasságát szikes tájak növényzetének távérzékelt adatokon alapuló osztályozásában (Alexander et al. 2016).



1. ábra. A vizsgált társuláscsoportok (felül) és társulások (alul) magasságértékei. A szignifikánsan különböző csoportokat eltérő betűk jelzik (Mann-Whitney-teszt; $p < 0,05$; $n = 193$). A társuláscsoportok rövidítései: LGY – löszgyep; SZSZ – szikes sztyepp; NYSZ – nyílt szikes gyep; SZR – szikes rét). A társulások rövidítései: CP – *Cynodonti-Poëtum*; AF – *Achilleo-Festucetum*; AR – *Artemisio-Festucetum*; CA – *Camphorosmetum annuae*; PL – *Puccinellietum limosae*; PP – *Pholiuro-Plantaginetum*; AA – *Agrostio-Alopecuretum*; AB – *Agrostio-Beckmannietum*).

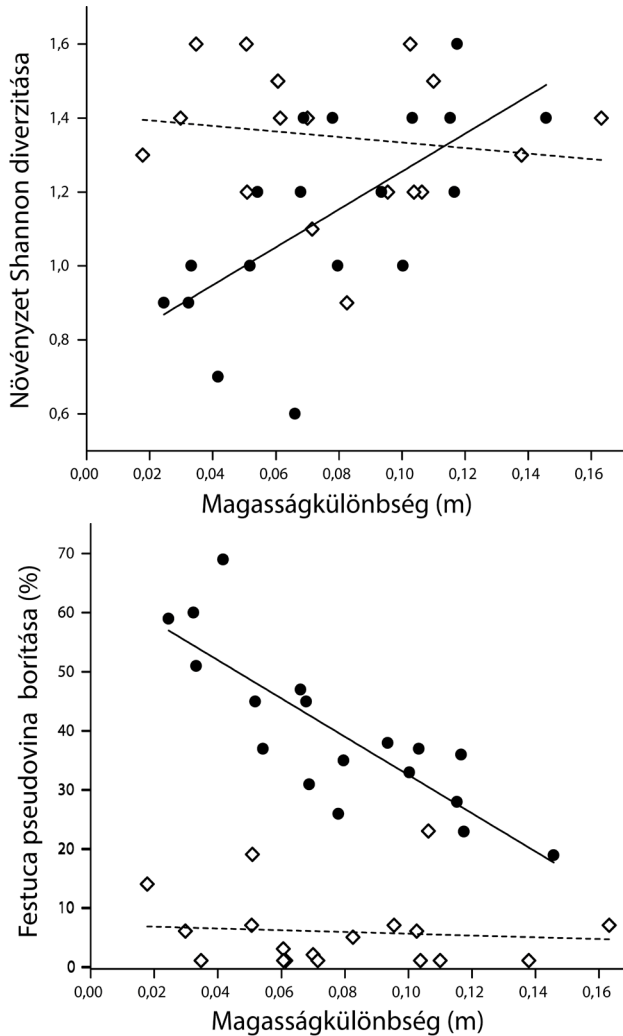
Eredményeink azt mutatták, hogy kontinentális szikes tájakban a tengerszint feletti magasságértékekkel kifejezett mikrotopográfiai különbségek jól indikálják az egyes társulások és társuláscsoportok előfordulását (1. ábra). Ennek oka, hogy a tengerszint feletti magasság és a gyepek fajszerveződését meghatározó abiotikus tényezők (talaj sótartalma és a talajvíz szintje) között szoros összefüggés van (Tóth és Kertész 1996). A társulások magasságbeli pozíciói között átfedéseket tapasztaltunk, amelyet a következőkre vezethető vissza. (1) A termőhelyi feltételek nem minden esetben követik tökéletesen a mikrotopográfia változásait, (2) egyes társulások termőhelye nagy magasságbeli grádiens fog át, (3) a hasonló pozícióban előforduló társulások fajkészletükben átfedhetnek és át is alakulhatnak egymásba.

Kutatásunk eredményeit alapul véve egy olyan modellt fejlesztettünk ki, amely alkalmas a szikesek nagy pontosságú térképezésére. A modellben a legnagyobb magyarázóerővel rendelkező változók a tengerszint feletti magasság értéke, a topográfiai helyzet, és topográfiai nedvesség indexek voltak. Ennek oka, hogy ezek a mérőszámok tükrözik leginkább a növényzet számára leglényegesebb termőhelyi változók térbeli eloszlását: a talajvíz szintjét, a talajnedvességet, a felszíni vízborítás mértékét, valamint a sófelhalmozódási mintázatokat. Az osztályozás eredménye egy nagy pontosságú (Cohen kappá koefficiens = 0,72) élőhelytérkép, amely alkalmas a komplex szikes tájak nagy területet lefedő, gyors és költséghatékony térképezésére.

Mikrotopográfiai változatosság hatása regenerálódó szárazgyepek fajszerveződésére

A mikrotopográfiai változatosságból eredő termőhelyi változatosság nem csupán a természetes, de az ember által létrehozott másodlagos élőhelyek fajszerveződésére is jelentős hatással van (Deák et al. 2015a, Melnik et al. 2017). A változatos termőhelyi feltételek befolyásolják a fajok megtelepedési mintázatait, valamint a fajon belüli és fajok közötti biotikus interakciókat is (Ewing 2002, Biederman és Whisenant 2011). Egy táji szintű rekonstrukciós projekt során felszámolt 12 hortobágyi csatorna nyomvonalán azt vizsgáltuk, hogy a mikrotopográfiai változatosság hogyan hat a különböző korú (egy és hét éves) regenerálódó szikes gyepi vegetáció fajgazdagságára, a célfaj (*Festuca pseudovina*) megtelepedésére illetve a Grime-féle C-S-R növényi stratégiák eloszlására és diverzítására. A regenerációra rendelkezésre álló idő és a mikrotopográfiai változatosság (transzszekten belüli magasságkülönbség) vegetációra kifejtett hatását általánosított lineáris kevert modellekkel és sokváltozós módszerekkel vizsgáltuk.

Eredményeink alapján a vegetációfejlődés kezdeti szakaszában a vegetáció és a növényi stratégiák diverzitása nagyobb, mint az idősebb nyomvonalakon (2. ábra). Ennek oka, hogy a vizsgált természetes gyepekkel körülvett nyomvonalakon a vegetációfejlődés kezdeti fázisában a fajok megtelepedését nem korlátozta a beérkező propagulumok mennyisége, valamint, hogy a kis növényzeti borítás miatt a biotikus szűrők nem játszottak szerepet a közösség fajszerveződésében. A fiatal nyomvonalak bolygatott talajfelszínein a ruderalis fajok aránya nagy volt. Az idős nyomvonalakon a növényzet és a növényi stratégiák diverzításának, valamint a ruderalis fajok arányának csökkenése az időközben megtelepedő, erőteljes növekedésű, laterálisan jól terjedő *F. pseudovina* térfoglalásának hatására következett be. A vegetáció záródásával csökkent a betelepedésre alkalmas nyílt felszín elérhetősége, és az egyre inkább hangsúlyossá váló biotikus szűrők is korlátozták a fajok megtelepedését és fennmaradását.



2. ábra. A növényzet diverzitása és a *F. pseudovina* borítása, valamint a transzszekten belüli magasságkülönbségek közötti kapcsolat fiatal és idős nyomvonalakon. Jelölések: üres szimbólum – fiatal nyomvonal, teli szimbólum – idős nyomvonal.

A vegetációfejlődés kezdeti szakaszában a mikrotopográfiai változatosság a random betelepedési mintázatok miatt nem volt hatással a környező területekről betelepedni képes fajok körére. Az idős nyomvonalakon a mikrotopográfiai változatosság növekedésével nőtt a növényzet diverzitása. Ennek egyik oka, hogy az idős nyomvonalakon a mikrotopográfiai változatosság által létrehozott élőhelyi sokféleség lehetővé tette számos eltérő élőhelyi igényű faj együttélését a vizsgált kis térbeli léptéken. Másrészt a megnövekedett mikrotopográfiai változatosság visszaszorította a szikes gyepek jellemző fűfaját a *F. pseudovina*-t, mely megtelepedésére elsősorban a magasabban fekvő száraz foltok alkalmasak. A kismértékű gyepeződés következtében csökkent a biotikus interakciók mértéke, ami a fajgazdagság növekedéséhez vezetett. A mikrotopográfiai változatosság hatással volt a stressztűrésre és a ruderalitásra is. A nagy mikrotopográfiai változatossággal rendelkező idős nyomvonalakon a stressztűrő fajok visszaszorultak azokra a mikroélőhelyekre, ahol nagyobb mértékű szárazság- és/vagy sóstressz volt jelen. A ruderalis fajok számára a mikrotopográfiai változatosság következtében létrejött élőhelyi sokféleség és a nyílt gyepszervezet kedvező volt, mivel a vizsgált közösségre jellemző ruderalis fajok csírázásához és megtelepedéséhez elengedhetetlen a nyílt talajfelszínek, valamint a kevésbé stressz-szelt mikroélőhelyek jelenléte.

A róka, mint ökoszisztéma mérnök faj hatása a gyepei növényzet fajösszetételére

A katorékkészítő emlősök, mint például a vörös róka, ökoszisztéma mérnök fajként képesek tartósan megváltoztatni környezetük paramétereit, valamint a rendelkezésre álló források elérhetőségét is (Jones 2012). Az európai intenzíven művelt agrártájban a kurgánok (ősi temetkezési halmok) térszintből kiemelkedő formájuk, laza talajszerkezetük, és viszonylagos hábo-

rítatlanságuk miatt ideális élőhelyek a kotorékot készítő emlősök számára. Kutatásunkban azt vizsgáltuk, hogy a rókák tevékenysége milyen módon befolyásolja a kurgánokon található gyepi élőhelyek abiotikus paramétereit és fajösszetételét. A vizsgálat-hoz rókák által lakott kurgánon a rókakotorékok és a kurgánokon található érintetlen gyepek növényzetét mértük fel a Hortobágyi Nemzeti Parkban. A rókakotorékoknak és a táji környezetnek az élőhelyi változókra és a növényzetre kifejtett hatásait lineáris modellek, indikátorfaj elemzés és ordinációs módszerek segítségével vizsgáltuk.

A rókakotorékokon nagyobb volt a magas tápanyagtartalmú talajokat jelző fajok aránya, valamint alacsonyabb volt a növényzet borítása és az avar mennyisége, mint a bolygatatlan gyepekben. Az újonnan létrejött mikroélőhelyeken a jó tápanyagellátottság, valamint a csíranövények növekedését akadályozó növényzet és avar eltávolítása következtében számos gyomfaj tudott megtelepedni (Deák et al. 2011). A bolygatott felszínen a gyomok mellett számos szárazgyepi fű (mint például az *Agropyron cristatum*, *Elymus hispidus* és *Stipa capillata*) és kétszikű faj (*Falcaria vulgaris*, *Salvia austriaca* és *S. nemorosa*) is előfordult. Elsősorban a csomós növekedésű fűfajok voltak sikeresek a kotorékok rekolonizációja során, amit erőteljes, gyakran klonális növekedésük és jó kompetíciós képességük segített elő. Eredményeink azt mutatják, hogy a róka ökoszisztéma mérnökként jelentős hatással van a kurgánok növényzetének fajösszetételére: a rókák tevékenysége hozzájárul a szárazgyepi fajkészlet zavarást jól toleráló komponenseinek fenntartásához. A rókakotorékokon jellemző tápanyagtöbblet gyomosodáshoz vezet, de a szabad talajfelszínnek nem csupán a gyomok, hanem a gyepi kísérőfajok megtelepedésének is kedvez.

Történelmi emlékhelyek és természetvédelem: Kurgánok szerepe a sztyeppi vegetáció megőrzésében

A sztyeppék a világ legveszélyeztetettebb élőhelyei közé tartoznak. Állományaik különösen megfogyatkoztak Európában, ahol a tájhasználati változások következtében több mint 90 %-uk semmisült meg elsősorban a mezőgazdasági intenzifikáció és a városok terjeszkedése következtében (Wesche et al. 2016). Ezen a területeken a sztyeppi vegetáció gyakran csak olyan kis kiterjedésű élőhelyszigeteken maradt fenn, melyek alkalmatlannak voltak a mezőgazdasági művelésre (Dembicz et al. 2016). A sztyepp és erdőssztyepp biomban ilyen élőhelyszigetek találhatóak az ősi temetkezési halmokon, a kurgánokon (Sudnik-Wójcikowska et al. 2011, Deák et al. 2016a). Kutatásunkban Eurázsia sztyepp és erdőssztyepp biomjában található kurgánjainak biodiverzitás megőrző szerepét tekintettük át. A teljes sztyepp és erdőssztyepp biomra kiterjedően értékeltük a kurgánok szerepét a sztyeppi vegetáció megőrzésében, azonosítva azokat a tényezőket, amelyek hozzájárulnak a biodiverzitás fenntartásához, illetve amelyek veszélyeztetik a kurgánokon fennmaradt élőhelyeket és fajokat.

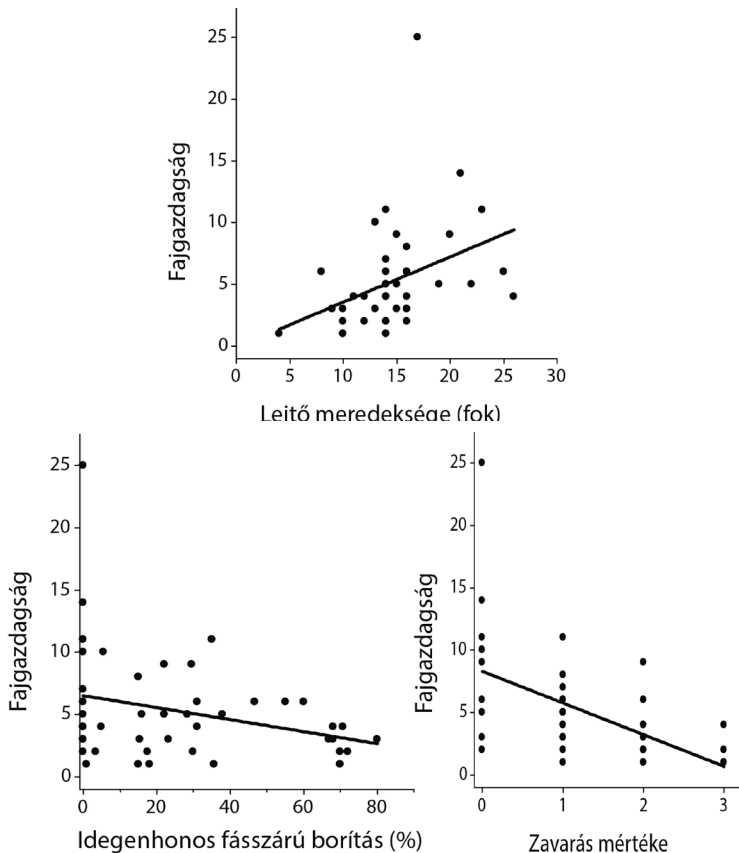
Eredményeink alapján Euráziában a kurgánok száma hozzávetőleg 400.000 és 600.000 közötti, ami hozzávetőleg 20 %-a egykori számuknak. A sztyepp és erdőssztyepp biom nyugati felében a gyeppel borított kurgánok aránya jelentősen kisebb, mint az ázsiai sztyeppéken. A kurgánok, nagy számuk és viszonylagos bolygatatlanságuk következtében Eurázsia nyugati felében a mezsgyék, folyóvölgyek meredek oldalai mellett a sztyeppi fajok egyik legjelentősebb refúgiumai. Kis méretük ellenére kiemelkedő fajgazdagsággal rendelkeznek, és számos vörös listás faj populációit tartják fenn az ember által átalakított tájakban is (Sudnik-Wójcikowska et al. 2011, Deák et al. 2015c). A sztyeppi fajok nagy fajgazdagságát a kurgánok háborítatlanságán túl a változatos topográfia következtében kialakult élőhelyi sokféleség is eredményezi (Deák et al. 2017). A kurgánokon található mikroélőhelyek különböznek a talaj termőképességében, talajnedvességben, mikroklimájukban és a besugárzás mértékében (Lisetskii et al. 2014).

A kurgánok növényzetét leginkább a beépítés, az infrastrukturális fejlesztések, a mezőgazdaság, az emberi zavarás, a gyomosodás és az inváziós fajok előretörése veszélyezteti. A legtöbb veszélyeztető tényező az emberi jelenlétéhez és az intenzív tájhasználatához kapcsolódik, így hatásaik elsősorban a sűrűn lakott és intenzíven művelt nyugati és alföldi régiókban tapasztalhatók. Eredményeink alapján javasoljuk a kurgánokkal kapcsolatos információkat tartalmazó nemzeti adatbázisok kiépítését, ami segítené a döntéshozókat a regionális védelmi intézkedések, valamint a hatékony lokális kezelési és élőhelyrekonstrukciós tervek kidolgozásában. Eredményeink alapján javaslatot adtunk az agrár-környezetvédelmi támogatási rendszerek továbbfejlesztésére, vagyis a jelenleg érvényben lévő, a művelés tiltását előíró intézkedések mellett egy élőhelyrekonstrukciót támogató támogatás bevezetésére. Ez biztosítaná a kurgánok növényzetének megővését, továbbá hozzájárulna a társadalom számára jelentős ökoszisztéma szolgáltatások (így a pollináció vagy a mezőgazdasági kártevők elleni védekezés) fejlesztéséhez is.

Élőhelyi változók hatása gyepi élőhelyszigetek vegetációjának összetételére

Az elmúlt évszázad tájhasználati változásai következtében az ember által átalakított tájakban a gyepi élőhelyek gyakran csak kis kiterjedésű, izolált élőhelyszigeteken maradtak fenn (Lindborg et al. 2014). Az élőhelyszigeteken a növényfajok populációira az izoláció mellett számos lokális élőhelyi változó is hatással lehet. Kurgánokon ilyen élőhelyi változók az élőhelysziget területe, a lejtőszög, a megbontás és zavarás mértéke, valamint az őshonos és idegenhonos fásszárúak borítása (Deák et al. 2016a). Kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy a kurgánokon található izolált gyepi élőhelyeken a szárazgyepi és veszélyes gyomfajok populációira milyen hatással vannak a lokális élőhelyi változók. A

kutatás során izolált, szántókkal, városi területekkel vagy faültetvényekkel körülvett kurgán növényzetét mértük fel a Hortobágyi Nemzeti Parkban. A környezeti változók gyepi specialistákra és veszélyes gyomfajokra kifejtett hatását modellszelekció és lineáris modellek segítségével vizsgáltuk.



3. ábra. A kurgán lejtőszögének, az idegenhonos fásszárú fajok borításának, az emberi zavarás mértékének, valamint a szárazgyepi fajok fajgazdagságának kapcsolata. Az adatpontokra illesztett egyenes a modellszelekció által szignifikánsnak ($p < 0,05$) bizonyított kapcsolatot szemlélteti.

Eredményeink azt mutatták, hogy a kurgánok meredek lejtői következtében kialakult élőhelyi sokféleség felülírja a szigetbiogeográfiai törvényszerűségek által feltételezett terület-fajgazdagság összefüggést. A meredek lejtőkön a víz gyors lefolyása miatt egy, a környező területeknél szárazabb élőhely alakul ki (Penksza et al. 2011, Lisetskii et al. 2014), ami megfelelő élőhelyet biztosít számos szárazgyepi specialista faj számára (Deák et al. 2017) (3. ábra). A múltbeli megbontások a lejtőszög lokális növekedése révén növelték a specialista fajok borítását. A szárazgyepi fajokat az idegenhonos fásszárú fajok terjedése és az emberi zavarás is negatívan befolyásolta. A fásszárúak elsősorban a gyepekhez képest kiegyensúlyozottabb, nedvesebb mikroklíma és az árnyékolás révén csökkentették a szárazgyepi fajok fajszerkezetét (Gazol et al. 2012). A számos kurgánon jelen levő fehér akác a fenti hatások mellett a talaj tápanyagtartalmának növekedését is okozta (Cierjacks et al. 2013), amit csak néhány szárazgyepi faj, mint például az *Agropyron cristatum*, tudott tolerálni. A kurgánokon jelen lévő zavarások közül elsősorban a talajbolygatással járó tevékenységek, mint például utak jelenléte, taposás és szántás okozták a szárazgyepi fajok visszaszorulását és a veszélyes gyomok terjedését.

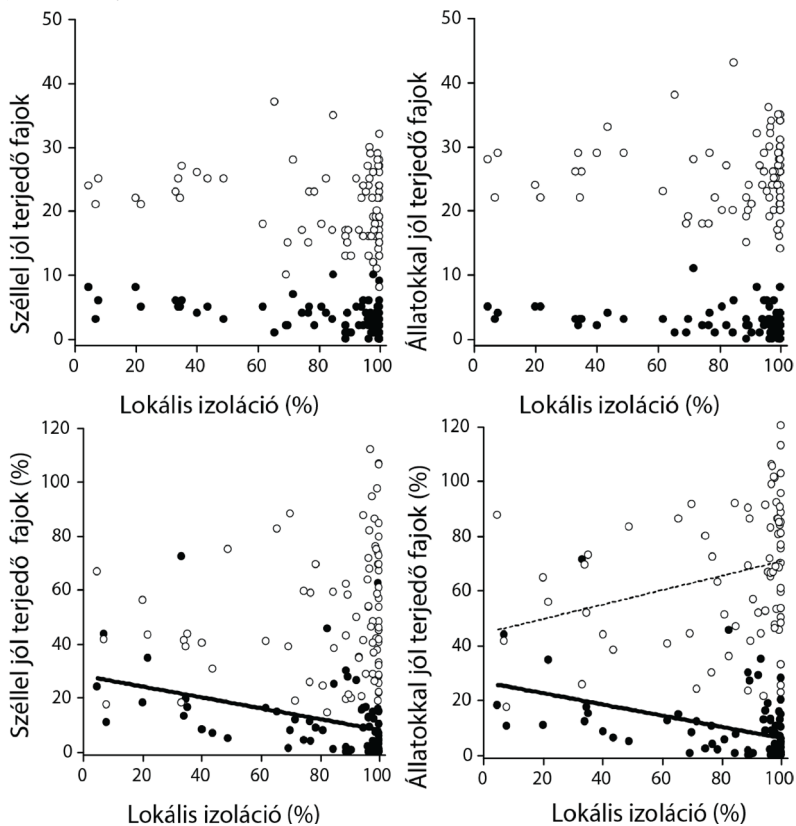
Perzisztencia és terjedési jellegek szerepe gyepi élőhelyszigetek növényközösségeinek szerveződésében

Az ember által átalakított tájakban a szárazgyepi élőhelyszigetek mellett, hogy refúgiumként szolgálnak a gyepekhez kötődő fajok populációi számára, funkcionális elemeit képezik egy táji szintű élőhelyhálózatnak (Deák et al. 2018). Ez az élőhelyhálózat kiemelt fontosságú a táji szintű metapopulációs kapcsolatok fenntartásában (Lindborg et al. 2014). A metapopulációs kapcsolatokra és a szárazgyepi élőhelyszigetek fajkészletére a táji és az élőhelyi változók egyaránt hatással vannak, és a fajok terjedési és perzisztencia sajátosságain keresztül fejtik ki hatásukat (Marini

et al. 2012, Auffret et al. 2015). Kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy a táji- és élőhelyi változók hogyan befolyásolják az élőhelyszigeteken található szárazgyepi specialista és generalista növényfajok fajgazdagságát és mennyiségi viszonyait. A kutatás során tiszántúli gyepek kurgánok növényzetét mértük fel. A vizsgált táji változó az élőhelyszigetek izolációjának mértéke volt, melyet a szárazgyepi fajok számára kedvezőtlen élőhelyek (szántók, faültetvények és települések) összterületével fejeztük ki. Két térleptéket vizsgáltunk, lokális szinten a kurgánok 200 méteres környezetében, regionális szinten az adott kistájban számoltuk ki a kedvezőtlen élőhelyek arányát. Az élőhelyi változók a fásszárúak borítása, a zavarás mértéke és a lejtő meredeksége voltak. A táji és élőhelyi filtereknek az állatok- illetve szél által terjesztett, a klonálisan jól terjedő, valamint a tartós magbankkal rendelkező specialista fajok fajgazdagságára és borítására kifejtett hatását modellszelekció és általánosított lineáris modellek segítségével vizsgáltuk.

Izolált élőhelyszigeteken az állatok- illetve szél általi hatékony térbeli terjedés előnytelen stratégiának bizonyult a szárazgyepi fajok esetében, a jól terjedő fajok borítása csökkent a lokális és a regionális szintű izolációval (4. ábra). A szélterjedés esetén ennek oka a random terjedésből eredő bizonytalanság (Riba et al. 2009). Az állati terjedés esetén a tájhasználati változások következtében a gyepek között mozgó háziasított nagytestű legelő állatok állományai lecsökkentek, így a korábban irányított terjedés helyett a nem csak gyepterületek között mozgó vadállomány általi kevésbé irányított terjedési mód jellemző (Varga et al. 2016). A szárazgyepi fajokkal ellentétben a hatékonyan terjedő generalista fajokra nem volt negatív hatással az izoláció. Eredményeink alapján a klonális szaporodásra való képesség izolált élőhelyeken a megváltozott élőhelyi feltételek mellett is képes biztosítani az egyedek, és így a populáció, hosszú távú fennmaradását. A perzisztens magbankkal rendelkező szárazgyepi fajok fajszáma csökkent a lokális izoláció hatására, mivel a megtelepedésre alkalmas nyílt mikro-élőhelyek hiányában a magbankban található fajok nem tudtak

csírázni. Ugyanakkor az izolált élőhelyszigeteken a perzisztens magbankkal rendelkező szárazgyepi fajok borítása nagyobb volt, mint a természetközeli tájakban. Táji szinten a fennmaradt szárazgyepi foltok hálózatában dinamikusan megjelennek és eltűnnek a megtelepedésre alkalmas nyílt mikroélőhelyek, így metapopulációs szinten lehetővé válik a perzisztens magbankképzéssel járó előnyök kiaknázása.



4. ábra A szélel és állatokkal jól terjedő szárazgyepi és generalista fajok fajgazdagságának és borításának, valamint az élőhelysziget lokális izolációjának kapcsolata. Jelölések: teli körök – szárazgyepi fajok, üres körök – generalista fajok. Az adatpontokra illesztett egyenes a modellszelekció által szignifikánsnak ($p < 0,05$) bizonyított kapcsolat irányultságát szemlélteti.

Az élőhelyi változók a talaj nedvesség- és tápanyagtartalma, a megtelepedésre alkalmas mikroélőhelyek elérhetősége és a fényviszonyok megváltoztatása révén fejtették ki hatásukat a specialista fajok megtelepedésére és fennmaradására. Egyedül a nyílt mikroélőhelyekhez kevésbé kötődő klonális szárazgyepi fajok fajgazdagságára és borítására nem volt szignifikáns hatással a fászszerűak borításának növekedése. Az egyedek közvetlen sérülését vagy pusztulását, valamint a gyepterületek csökkenését eredményező zavaró tényezők jelenléte mind a szárazgyepi, mind a generalista fajok fajgazdagságának csökkenését eredményezték. A perzisztens magbank képzése előnyös stratégiának bizonyult a zavart élőhelyszigeteken élő szárazgyepi fajok esetében, mivel a többi csoporttal ellentétben a zavarás nem volt számottevő hatással sem fajgazdagságukra sem borításukra. Eredményeink alapján a nagy lejtőszög, a kismértékű emberi zavarás és a fászszerűak kis borítása tartotta fenn a szárazgyepi fajok maximális fajgazdagságát.

Kutatásunk során bizonyítottuk, hogy a szárazgyepi növényfajok fajgazdagságát és borítását a táji- és élőhelyi változók együttesen befolyásolják, és hogy a táji változók hatása léptékfüggő. Míg a táji változók elsősorban a szárazgyepi fajok életképességére fejtettek ki hatást (ami által befolyásolták azok borítását), addig az élőhelyi változók azon gyepi fajok körét határozták meg, amelyek képesek voltak fennmaradni az adott élőhelyen (így főként a fajgazdagságukra hatottak).

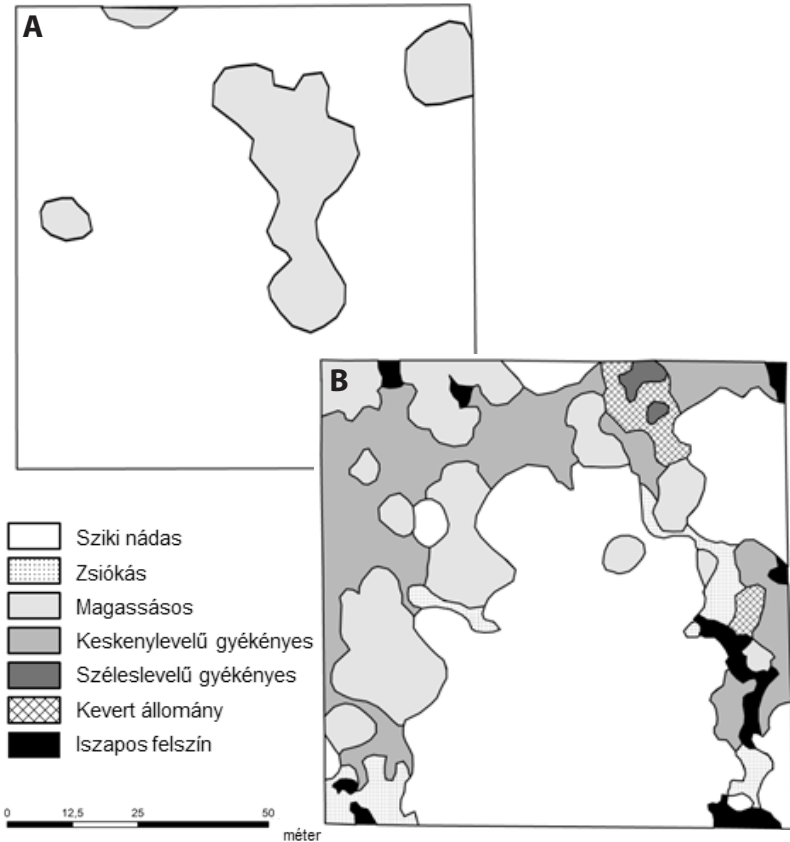
Tájhasználat hatása vizes élőhelyek strukturális és élőhelyi sokféleségére

A jelentős faji és élőhelyi sokféleséggel jellemezhető sós talajú termőhelyeken kialakult vizes élőhelyeknek kiemelt természetvédelmi jelentősége van (Báldi és Kisbenedek 1999, Stenger-Kovács et al. 2014). Különleges vízjárásuknak és a sóstressznek köszönhetően változatos szerkezetűek, és számos specialista halofiton növényfaj számára nyújtanak élőhelyet (Deák et al. 2014b). A vizes élőhelyekre jellemző nádasokat elsősorban gazdasági megfontolásokból számos esetben téli aratással hasznosítják (Valkama et al. 2008). Kutatásunkban az intenzív téli nádaratás vizes élőhelyekre kifejtett hatásait vizsgáltuk nagyfokú termőhelyi változatossággal rendelkező szikes mocsarakban. A kutatás során a tájhasználatnak az élőhelyi sokféleségére, valamint a strukturális változatosságára kifejtett hatásait vizsgáltuk élőhelytérképek és fitomassza minták elemzésével aratott és kezeletlen állományokban. A tájhasználat élőhelyi sokféleségére és strukturális változatosságára kifejtett hatását általános lineáris kevert modellekkel vizsgáltuk.

Eredményeink azt mutatják, hogy az aratás csökkentette az élőhelyi sokféleséget és a strukturális változatosságot (5. ábra). Az élőhelyfoltok és a vegetációtípusok száma, valamint a szegélyek hossza egyaránt kisebb volt az aratott állományokban, mint a nem aratottakban. Ennek oka az, hogy az aratás elősegíti a nád klonális szaporodását, amely által a nádas foltok mérete fokozatosan nő, valamint az, hogy a szomszédos élőhelyeken kevert fajkészletű, nád által dominált foltok jönnek létre.

A kezeletlen állományokban a fitomassza felhalmozódás mértéke nagyobb volt, mint az aratott állományokban. A kezeletlen állományokban a felhalmozódott fitomassza nagy mennyisége nem okozta az élőhelyi sokféleség csökkenését, mivel eloszlása egyenetlen volt és a holt fitomassza jelentős része lábon álló holt fitomassza formájában volt jelen. A fitomassza felhalmozódásnak az élőhelyre kifejtett kedvező hatását mutatja, hogy a nem aratott

vizes élőhelyeken a fitomassza frakciók mennyisége és az élőhelyi diverzitás között pozitív korrelációt tapasztaltunk. Eredményeink alapján a nádaratás által okozott biotikus változások felülírták az abiotikus környezet változatosságából eredő vegetációs mintázatot, ezáltal csökkentették az élőhelyi sokféleséget.



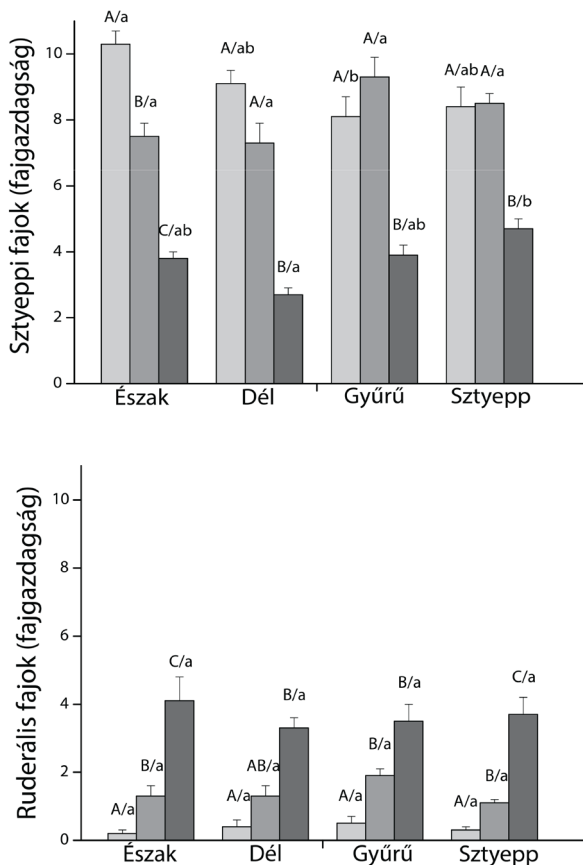
5. ábra. Rendszeresen aratott (A) és nem aratott (B) szikes termőhelyen kialakult vizes élőhely térképe. A kivágat mérete 100 × 100 méter.

Mikroélőhelyek és a legeltetés intenzitásának hatása közép-ázsiai kurgánok vegetációjára

A nagy kiterjedésű közép-ázsiai sztyeppeknek kiemelt szerepe van a sztyeppi élőhelyek, valamint a hozzájuk kötődő ősi sztyeppi kultúrák és történelmi építmények, mint a kurgánok, megőrzésében (Deák et al. 2016a). Az elmúlt évtizedek során a közép-ázsiai sztyepeken jelentősen átalakultak a legeltetési mintázatok, amely a települések közelében túllegelt, a településektől távol felhagyott gyepi állományok kialakulását eredményezte (Brinkert et al. 2016). Kutatásunkban azt vizsgáltuk, hogy a kazahsztáni sztyeppéken a kurgánok milyen szerepet töltenek be a sztyeppi biodiverzitás megőrzésében. Vizsgáltuk továbbá, hogy a különböző intenzitású legeltetés hogyan hat a kurgánokon található eltérő termőhelyi tulajdonságokkal rendelkező mikroélőhelyek növényzetére. Összesen kilenc, különböző módon kezelt (3 nem legeltetett, 3 közepes intenzitással legeltetett és 3 túllegeltetett) kurgánon mértük fel az északi-, déli lejtő, a kurgánt körülvevő gyűrű, valamint a környező sztyepp növényzetét. A legeltetés intenzitásának, valamint a mikroélőhely típusának a növényzetre kifejtett hatásait lineáris kevert modellekkel, indikátorfaj elemzéssel és ordinációs módszerekkel vizsgáltuk.

Eredményeink alapján a kurgánokon az eltérő termőhelyi feltételeket biztosító élőhelytípusok vegetációja jól elkülönült a nem legelt területeken. A kurgánokhoz kötődő mikroélőhelyek (lejtők és a gyűrű) egyedi növényzettel rendelkeztek. Számos olyan fajt azonosítottunk, melyek kizárólag a kurgánokon fordultak elő. A kisléptékű élőhelyi változatosság fajgazdagságra kifejtett pozitív hatását jól mutatta az életformatípusok eloszlása is. Míg a nem legelt sztyepeken főként az évelő fűvek domináltak, addig a kurgánokhoz kötődő élőhelyeken a funkcionális csoportok összetétele változatosabb volt. Mivel a sztyeppi fajok evolúciósan adaptálódtak a legeléshez és taposáshoz, jól tolerálták a közepes intenzitású legelést. A túllegeltetés hatására a sztyeppi fajok fajszáma csökkent, a ruderalis fajoké pedig nőtt. A változások a

lejtőkön voltak a legszembetűnőbbek, mivel itt a legelés által okozott biomasza eltávolítás és taposás negatív hatását fokozták a száraz termőhelyi feltételek.



6. ábra. A sztyeppi és ruderális fajok fajgazdagsága (átlag ± SE) a különböző módon kezelt élőhelytípusokban. Jelölések: világosszürke – nem legelt; szürke – közepes legelési intenzitás; sötétszürke – túllegeltetés. A szignifikánsan elváló csoportokat eltérő betűk jelzik. A felső indexben a nagy betűk a legelési intenzitás, a kis betűk az élőhelytípusok által okozott különbségeket jelzik (Fisher-féle LSD teszt; $p < 0,05$; $n = 180$).

Kurgánokon alkalmazott élőhelyrekonstrukciós módszerek értékelése

A kurgánok kiemelkedő kulturális és tájképi értékeik mellett számos ritka növény- és állatfajnak nyújtanak menedéket. A kurgánokon található gyepek kezelése és rekonstrukciója a természetvédelem egyik kiemelten fontos feladata (Deák et al. 2016a). Kutatásunk során azt vizsgáltuk, hogy mely módszerek alkalmasak a kétszikű löszgyepi fajok betelepítésére olyan kurgánokon, melyeken fajszegény szárazgyepek találhatóak. Munkánk során a restaurációs projektekben gyakran használt növénytelepítési technikák alkalmazhatóságát teszteltük, melyek az alábbiak voltak: magvetés, üvegházban nevelt palánták kiültetése valamint veszélyeztetett állományokból egyedek átültetése. A löszgyepi fajok betelepítését 2011 és 2014 között végeztük a Nagykunságban. A kunhalmokon a gyepekre jellemző kísérő fajokat kézi magvetéssel, illetve palánták ültetésével, míg a ritkább kísérő fajokat (*Anchusa barrelieri*, *Amygdalus nana* és *Phlomis tuberosa*) veszélyeztetett populációkból való áttelepítéssel telepítettük meg. Az érintett kurgánok közül kettőt évi háromszori kézi kaszálással kezeltünk, két kurgánt pedig évente egyszeri gépi erővel kaszáltak.

Kutatásunk eredményei más tanulmányokkal összhangban azt mutatták, hogy terepi körülmények között a magvetés sikerességét számos tényező befolyásolja (Godefroid és Vanderborght 2011). A megtelepedés sikeressége nagyban függött a fajspecifikus csírázási sajátosságoktól, az élőhely kezelésétől, valamint a termőhelyi viszonyoktól. A nagy ezermagtömeggel rendelkező fajok nagyobb, a kismagvú vagy vastag maghéjú fajok kisebb megtelepedési sikert mutattak terepi körülmények között. A csírázási siker a rendszeresen kézzel kaszált területeken volt a legnagyobb, mivel ezeken a területeken a biomaszta eltávolítás összességében nagyobb, a taposási kár viszont kisebb mértékű volt, mint a gépi erővel kaszált területeken. Mind az üvegházban nevelt, mind a természetes populációkból származó egyedek ültetése sikerebb módszernek bizonyult, mint a magvetés. A kurgánokon végzett élőhelyrekonst-

rukciós munkálatok által hatékonyan növelhető a tájra jellemző faji sokféleség, a szárazgyepi fajok populációinak állomány nagysága, helyreállíthatók a populációk közötti kapcsolatok, valamint a helyreállított növényzettel rendelkező kurgánok számos ökoszisztéma szorgáltatást nyújtanak a társadalom számára.

Az eredmények összegzése pontokba foglalva

- ◆ Terepi botanikai és távérzékelt adatok felhasználásával igazoltuk, hogy kontinentális szikes tájakban a tengerszint feletti magasságértékekkel kifejezett mikrotopográfiai különbségek jól indikálják az egyes társulások és társulás-csoportok előfordulását.
- ◆ Kifejlesztettünk egy domborzatmodellen és domborzatmodellekből származtatott indexeken alapuló vegetációterképezési módszert, ami alkalmas kiterjedt, komplex élőhelyi mintázattal rendelkező szikes területek nagy pontosságú térképezésére.
- ◆ Kimutattuk, hogy a vegetációfejlődés korai és kései szakaszában a mikrotopográfiai változatosság eltérő hatással van a vegetáció diverzitására, a ruderalis és a stressz toleráns fajok arányára.
- ◆ Igazoltuk, hogy vonalas létesítmények felszámolását követően a vegetációfejlődés során a növényzet és a C-S-R növényi stratégiák diverzitása csökken a biotikus interakciók mértékének növekedése következtében.
- ◆ Kimutattuk, hogy a vörös rókák ökoszisztéma mérnök falként funkcionálnak a kurgánokon. A talaj tápanyagtartalmának, az avar mennyiségének és a növényzet összerobításának megváltoztatása által speciális adottságú mikroélőhelyeket hoznak létre, ezáltal növelik az élőhelyi sokféleséget.

- ◆ A rókakotorékokon kialakult mikroélőhelyek nem csupán a bolygatott talajokra jellemző gyomfajok, de számos szárazgyepi fű és kétszikű faj megtelepedésére is alkalmasak. Eredményeink igazolták, hogy a rókák tevékenysége hozzájárul egy időben dinamikusan változó gyepi struktúra, és a szárazgyepek fajkészletének zavarást jól toleráló komponenseinek fenntartásához.
- ◆ Egy teljes eurázsiai sztyepp és erdőssztyepp biomra kiterjedő irodalmi áttekintés során rámutattunk a kurgánok biodiverzitás megőrző szerepére. Igazoltuk, hogy a kurgánok nagy számuk és viszonylagos bolygatatlanságuk következtében Eurázsia nyugati felében a sztyeppi fajok egyik fontos refúgiumaként szolgálnak.
- ◆ Igazoltuk, hogy a kurgánok biodiverzitás megőrző képességéhez jelentősen hozzájárul a változatos topográfia következtében kialakult élőhelyi sokféleség, ami lehetővé teszi számos, eltérő környezeti igényű faj együttélését.
- ◆ Eredményeink alapján az eurázsiai kurgánok növényzetét leginkább a beépítés és infrastrukturális fejlesztések, a mezőgazdaság, az egyéb emberi zavarások, a gyomosodás és az inváziós fajok előretörése veszélyezteti.
- ◆ Izolált kurgánok növényzetének vizsgálata során kimutattuk, hogy a kurgánok meredek lejtői következtében kialakult élőhelyi sokféleség felülírja a szigetbiogeográfiai törvényszerűségek által feltételezett terület-fajgazdagság összefüggést.
- ◆ Igazoltuk, hogy a meredek lejtővel rendelkező, száraz termőhelyet biztosító kurgánok biodiverzitás megőrző szerepe kiemelkedő, a lejtőszög meredekségének növekedésével nő a szárazgyepi fajok fajgazdagsága.
- ◆ Eredményeink alapján a múltbeli megbontások a lejtőszög lokális növekedése révén növelik a specialista fajok borítását. A kurgánokon jelen lévő zavarások elsősorban a talajbolygatás révén okozzák a szárazgyepi fajok visszaszorulását.

- ◆ Kimutattuk, hogy az ember által jelentősen átalakított tájakban a széllel vagy állatokkal történő hatékony terjedés hátrányos stratégia az izolált élőhelyszigeteken található szárazgyepi fajok számára.
- ◆ Kutatásunk során bizonyítottuk, hogy a szárazgyepi növényfajok fajgazdagságát és borítását a táji és élőhelyi változók együttesen befolyásolják és a táji változók hatása léptékfüggő.
- ◆ Kimutattuk, hogy míg a kurgánokon található élőhelyszigeteken a táji változók elsősorban a szárazgyepi fajok életképességére fejtik ki hatásukat, addig az élőhelyi változók azon szárazgyepi fajok körét határozzák meg, amelyek képesek fennmaradni az adott élőhelyen.
- ◆ Kimutattuk, hogy a rendszeres, nagy területeket érintő téli nádatás csökkenti a szikes tájak vizes élőhelyeire jellemző élőhelyi és strukturális sokféleséget. Az aratott nádasokban az aratás által okozott biotikus változások felülírták az abiotikus termőhelyi változatosságból eredő vegetációs mintázatot, ezáltal csökkentették a táj élőhelyi sokféleségét.
- ◆ A szikes termőhelyen kialakult vizes élőhelyeken a fitomassza felhalmozódás hozzájárul az élőhelyi sokféleség és a strukturális változatosság fenntartásához.
- ◆ Kimutattuk, hogy a kurgánokhoz kötődő, eltérő termőhelyi adottságokkal rendelkező mikroélőhelyek vegetációja különbözik, ami megnyilvánul a fajkompozícióban és az életforma típusok eloszlásában is. Kimutattuk, hogy a kurgánokon található mikroélőhelyekhez számos olyan sztyeppi faj kötődik, amelyek nincsenek jelen a környező sztyepeken.
- ◆ Kimutattuk, hogy a kurgánok gyűrűi egyedi vegetációval rendelkeznek, így ennek az élőhelynek is jelentős szerepe van a táji szintű faji sokféleség fenntartásában.

- ◆ A túllegeltetésnek a sztyeppi növényzetre kifejtett negatív hatása erőteljesebben jelentkezik a kurgánok lejtőin, mint a környező sík sztyepeken. A lejtőkön a biomassza eltávolítás és taposás növényzetre kifejtett negatív hatását fokozzák a száraz élőhelyi feltételek, így legelés hatására a sztyeppi fajok fajgazdagsága csökken, a ruderalis fajoké nő.
- ◆ Kimutattuk, hogy rekonstruált gyepekben vetést követően a nagy magtömeggel rendelkező fajok nagyobb, a vastag maghéjú fajok kisebb megtelepedési sikert mutatnak.
- ◆ Igazoltuk, hogy a rekonstruált gyepek utókezelése kritikus a megtelepített fajok fennmaradása szempontjából, mivel a megfelelő kezelés a biomassza eltávolítása révén a célfajok csírázásra alkalmas mikroélőhelyeket hoz létre.
- ◆ Igazoltuk, hogy rekonstrukciós célú növénytelepítés esetén mind az üvegházban nevelt egyedek, mind a természetes populációkból származó egyedek ültetése hatékonyabb módszer, mint a magvetés.

Irodalomjegyzék

- Alexander C., Deák B., Heilmeier H. (2016): Microtopography driven vegetation patterns in open mosaic landscapes. *Ecol Ind* 60: 906-920.
- Auffret A.G., Plue J., Cousins S.A.O. (2015): The spatial and temporal components of functional connectivity in fragmented landscapes. *Ambio* 44: 51-59.
- Báldi A., Kisbenedek T. (1999): Species-specific distribution of reed-nesting passerine birds across reedbed edges: effects of spatial scale and edge type. *Acta Zool Acad Sci Hung* 45: 97-114.
- Biederman L.A., Whisenant S.G. (2011): Using mounds to create microtopography alters plant community development early in restoration. *Restor Ecol* 19: 53-61.

- Brinkert A., Hölzel N., Sidorova T., Kamp J. (2016): Spontaneous steppe restoration on abandoned cropland in Kazakhstan: grazing determines successional pathways. *Biodivers Conserv* 25: 2543-2561.
- Cierjacks A., Kowarik I., Joshi J., Hemplel S., Ristow M., von der Lippe M., Weber E. (2013): Biological flora of the British Isles: *Robinia pseudoacacia*. *J Ecol* 101: 1623-1640.
- 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 Biosys* 145: 730-737.
- 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* 209: 693-697.
- Deák B., Valkó O., Tóthmérész B., Török P. (2014b): Alkali marshes of Central-Europe - Ecology, Management and Nature Conservation. In: Shao H-B. (szerk.) *Salt Marshes: Ecosystem, Vegetation and Restoration Strategies*. Nova Science Publishers, New York, pp. 1-11.
- Deák B., Valkó O., Török P., Kelemen A., Miglécz T., Szabó Sz., Szabó G., Tóthmérész B. (2015a): Microtopographic heterogeneity increases plant diversity in old stages of restored grasslands. *Basic Appl Ecol* 16: 291-299.
- Deák B., Valkó O., Török P., Kelemen A., Tóth K., Miglécz T., Tóthmérész B. (2015b): Reed cut, habitat diversity and productivity in wetlands. *Ecol Complex* 22: 121-125.
- Deák B., Török P., Tóthmérész B., Valkó O. (2015c): A hencidai Mondróhalom, a löszgyep-vegetáció őrzője. *Kitaibelia* 20: 143-149.
- Deák B., Tóthmérész B., Valkó O., Sudnik-Wójcikowska B., Bragina T.M., Moysiwenko I.I., Bragina T.M., Apostolova I., Dembicz I., Bykov N.I., Török P. (2016a): Cultural monuments and nature conservation: The role of kurgans in maintaining steppe vegetation. *Biodivers Conserv* 25: 2473-2490.

- Deák B, Valkó O, Török P, Tóthmérész B (2016b): Factors threatening grassland specialist plants – A multi-proxy study on the vegetation of isolated grasslands. *Biol Conserv* 204: 255-262.
- Deák B., Tölgyesi Cs., Kelemen A., Bátor Z., Gallé R., Bragina T.M., Abil Y.A., Valkó O. (2017): Vegetation of steppic cultural heritage sites in Kazakhstan – Effects of micro-habitats and grazing intensity. *Plant Ecol Divers* 10: 509-520.
- Deák B., Valkó O., Török P., Kelemen A., Bede Á., Csathó A.I., Tóthmérész B. (2018): Landscape and habitat filters jointly drive richness and abundance of specialist plants in terrestrial habitat islands. *Landsc Ecol* 33: 1117-1132.
- Dembicz I., Moysiyenko I.I., Shaposhnikova A., Vynokurov D., Kozub L., Sudnik-Wójcikowska B. (2016): Isolation and patch size drive specialist plant species density within steppe islands: A case study of kurgans in southern Ukraine. *Biodivers Conserv* 25: 2289-2307.
- Ewing K. (2002): Mounding as a technique for restoration of prairie on a capped landfill in the Puget Sound lowlands. *Restor Ecol* 10: 289-296.
- Gazol A., Tamme R., Takkis K., Kasari L., Saar L., Helm A., Pärtel M. (2012): Landscape and small-scale determinants of grassland species diversity: Direct and indirect influences. *Ecography* 35: 944-951.
- Godefroid S., Vanderborght T. (2011): Plant reintroductions: The need for a global database. *Biodivers Conserv* 20: 3683-3688.
- Heinken T., Weber E. (2013): Consequences of habitat fragmentation for plant species: Do we know enough? *Perspect Plant Ecol Evol Sys* 15: 205-216.
- Jones C. (2012): Ecosystem engineers and geomorphological signatures in landscapes. *Geomorphology* 157-158: 75-87.
- Lindborg R., Plue J., Andersson K., Cousins S. (2014): Function of small habitat elements for enhancing plant diversity in different agricultural landscapes. *Biol Conserv* 169: 206-213.

- Lisetskii F.N., Goleusov V.P., Moysiienko I.I., Sudnik-Wójcikowska B. (2014): Microzonal distribution of soils and plants along the catenas of mound structures. *Contemp Prob Ecol* 7: 282-293.
- Lundholm J.T. (2009): Plant species diversity and environmental heterogeneity: spatial scale and competing hypotheses. *J Veg Sci* 20: 377-391.
- Marini M., Bruun H.H., Heikkinen R.K., Helm A., Honnay O., Krauss J., Kühn I., Lindborg R., Pärtel M., Bommarco R. (2012): Traits related to species persistence and dispersal explain changes in plant communities subjected to habitat loss. *Divers Distrib* 18: 898-908.
- Melnik K., Landhäusser S.M, Devito K. (2017): Role of microtopography in the expression of soil propagule banks on reclamation sites. *Restor Ecol* doi: 10.1111/rec.12587
- Molnár Zs., Borhidi A. (2003): Hungarian alkali vegetation: Origins, landscape history, syntaxonomy, conservation. *Phytocoenologia* 33: 377-408.
- Penksza K., Loksa G., Barczy A., Joó K., Malatinszky Á. (2011): Effects of extrazonal and climatic conditions on the vegetation of kurgans. A pilot study from the Hortobágy (Csípő-halom). In: Pető Á., Barczy A. (szerk.) *Kurgan studies: An environmental and archaeological multiproxy study of burial mounds in the Eurasian steppe zone*. BAR international Series, Oxford, pp. 347-350.
- Riba R., Mayol M., Giles B.E., Ronce O., Imbert E., van der Velde M., Chauvet S., Ericson L., Bijlsma R., Vosman B., Smulders M.J., Olivieri I. (2009): Darwin's wind hypothesis: does it work for plant dispersal in fragmented habitats? *New Phytol* 183: 667-677.
- Stenger-Kovács Cs., Lengyel E., Buczkó K., Tóth F.M., Crossetti L.O., Pellingner A., Doma Z.Z., Padisák J. (2014): Vanishing world: alkaline, saline lakes in Central Europe and their diatom assemblages. *Inland Waters* 4: 383-396.

- Sudnik-Wójcikowska B., Moysiienko I., Zachwatowicz M., Jabłońska E. (2011): The value and need for protection of kurgan flora in the anthropogenic landscape of steppe zone in Ukraine. *Plant Biosyst* 145: 638–653.
- Tälle M., Deák B., Poschlod P., Valkó O., Westerberg L., Milberg P. (2016): Grazing vs. mowing: A meta-analysis of biodiversity benefits for grassland management. *Agric Ecosys Environ* 15: 200-212.
- Tóth T., Kertész M. (1996): Application of soil-vegetation correlation to optimal resolution mapping of solonetzic rangeland. *Arid Soil Res Rehab* 10: 1-12.
- Vadász Cs., Máté A., Kun R., Vadász-Besnyői V. (2016): Quantifying the diversifying potential of conservation management systems: An evidence-based conceptual model for managing species-rich grasslands. *Agric Ecosys Environ* 234: 134-141.
- Valkama E., Lyytinen S., Koricheva J. (2008): The impact of reed management on wildlife: a meta-analytical review of European studies. *Biol Conserv* 141: 364-374.
- Varga A., Molnár Zs., Biró M., Demeter L., Gellény K., Miókovics E., Molnár Á., Molnár K., Ujházy N., Ulicsni V., Babai D. (2016): Changing year-round habitat use of extensively grazing cattle, sheep and pigs in East-Central Europe between 1940 and 2014: Consequences for conservation and policy. *Agric Ecosys Environ* 234: 142-153.
- Wesche K., Ambarli D., Török P., Kamp J., Treiber J., Dengler J. (2016): The Palaearctic steppe biome: A new synthesis. *Biodivers Conserv* 25: 2197-2231.

Az értekezés alapjául szolgáló közlemények

- Deák B., Valkó O., Alexander C., Mücke W., Kania A., Tamás J., Heilmeier H. (2014): Fine-scale vertical position as an indicator of vegetation in alkali grasslands - case study based on remotely sensed data. *Flora* 209: 693-697. [IF2014: 1.472]
- Deák B., Valkó O., Török P., Kelemen A., Tóth K., Miglécz T., Tóthmérész B. (2015): Reed cut, habitat diversity and productivity in wetlands. *Ecological Complexity* 22: 121-125. [IF2015: 1.797]
- Deák B., Valkó O., Török P., Kelemen A., Miglécz T., Szabó Sz., Szabó G., Tóthmérész B. (2015): Micro-topographic heterogeneity increases plant diversity in old stages of restored grasslands. *Basic and Applied Ecology* 16: 291-299. [IF2015: 1.836]
- Alexander C., Deák B., Heilmeier H (2016): Micro-topography driven vegetation patterns in open mosaic landscapes. *Ecological Indicators* 60: 906-920. [IF2016: 3.898]
- Deák B., Tóthmérész B., Valkó O., Sudnik-Wójcikowska B., Bragina T.M., Moysiyenko I., Apostolova I., Bykov N., Dembicz I., Török P. (2016): Cultural monuments and nature conservation: The role of kurgans in maintaining steppe vegetation. *Biodiversity and Conservation* 25: 2473-2490. [IF2016: 2.265]
- Deák B., Valkó O., Török P., Tóthmérész B. (2016): Factors threatening grassland specialist plants - A multi-proxy study on the vegetation of isolated grasslands. *Biological Conservation* 204: 255-262. [IF2016: 4.002]
- Deák B., Tölgyesi C., Kelemen A., Bátori Z., Gallé R., Bragina T., Abil A., Valkó O. (2017): The effects of micro-habitats and grazing intensity on the vegetation of burial mounds in the Kazakh steppes. *Plant Ecology and Diversity* 10: 509-520. [IF2017: 1.205]
- Valkó O., Tóth K., Kelemen A., Miglécz T., Sonkoly J., Tóthmérész B., Török P., Deák B. (2018): Cultural heritage and biodiversity conservation – Plant introduction and practical res-

toration on ancient burial mounds. *Nature Conservation* 24: 65-80. [IF2017: 1.367]

Godó L., Tóthmérész B., Valkó O., Tóth K., Radócz S., Kiss R., Kelemen A., Török P., Švamberková E., Deák B. (2018): Ecosystem engineering by foxes is mediated by the landscape context – A case study from steppic burial mounds. *Ecology and Evolution* 8: 7044-7054. [IF2017: 2.340]

Deák B., Valkó O., Török P., Kelemen A., Bede Á., Csathó A.I., Tóthmérész B. (2018): Landscape and habitat filters jointly drive richness and abundance of specialist plants in terrestrial habitat islands. *Landscape Ecology* 33: 1117-1132. [IF2017: 3.833]

Az értekezés témájához kapcsolódó további publikációk

Alexander C., Deák B., Kania A., Mücke W., Heilmeyer H. (2015): Classification of vegetation in an open landscape using full-waveform airborne laser scanner data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 41: 76-87.

Bátori Z., Erdős L., Kelemen A., Deák B., Valkó O., Gallé R., Bragina T. M., Kiss P.J., Kröel-Dulay G., Tölgyesi Cs. (2017): Diversity patterns in sandy forest-steppes – a comparative study from the western and central Palaearctic. *Biodiversity and Conservation* 27: 1011-1030.

Burai P, Deák B., Valkó O., Tomor T. (2015): Classification of herbaceous vegetation using airborne hyperspectral imagery. *Remote Sensing* 7: 2046-2066.

Burai P, Tomor T., Bekő L., Deák B. (2015): Airborne hyperspectral remote sensing for identification grassland vegetation. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 4: 427-431.

- Burai P., Lénárt Cs., Valkó O., Bekő L., Szabó Zs., Deák B. (2016): Fátlan vegetációtípusok azonosítása légi hiperspektrális távérzékelési módszerrel. *Tájökológiai Lapok* 14: 1-12.
- Deák B., Kapocsi I. (2010): Természetvédelmi célú gyepesítés a gyakorlatban: mennyibe kerül egy hektár gyep? *Tájökológiai Lapok* 8: 395-409.
- 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.
- Deák B., Valkó O., Tóthmérész B., Török P. (2014): Alkali marshes of Central-Europe - Ecology, Management and Nature Conservation. In: Shao H-B. (szerk.) *Salt Marshes: Ecosystem, Vegetation and Restoration Strategies*. New York, Nova Science Publishers, pp. 1-11.
- Deák B., Valkó O., Török P., Tóthmérész B. (2014): Solonetz meadow vegetation (*Beckmannion eruciformis*) in East-Hungary - an alliance driven by moisture and salinity. *Tuexenia* 34: 187-203.
- Deák B., Valkó O., Török P., Végvári Z., Hartel T., Schmotzer A., Kapocsi I., Tóthmérész B. (2014) Grassland fires in Hungary – a problem or a potential alternative management tool? *Applied Ecology and Environmental Research* 12: 267-283.
- Deák B., Török P., Tóthmérész B., Valkó O. (2015): A hencidai Mondró-halom, a löszgyep-vegetáció őrzője. *Kitaibelia* 20: 143-149.
- Deák B., Hüse B., Tóthmérész B. (2016): Grassland vegetation in urban habitats – Testing ecological theories. *Tuexenia* 36: 379-393.
- Godó L., Valkó O., Tóthmérész B., Török P., Kelemen A., Deák B. (2017): Scale-dependent effects of grazing on the species richness of alkaline and sand grasslands. *Tuexenia* 37: 229-246.
- Kiss O., Tokody B., Deák B., Moskát Cs. (2016): Increased landscape heterogeneity supports the conservation of European rollers (*Coracias garrulus*) in southern Hungary. *Journal for Nature Conservation* 29: 97-104.

- Mücke W., Deák B., Schroiff A., Hollaus M., Pfeifer N. (2013): Estimation of dead wood using small footprint airborne laser scanning data. *Canadian Journal of Remote Sensing* 39: 32-40.
- Mücke W., Hollaus M, Pfeifer N., Schroiff A., Deák B. (2013): Comparison of discrete and full-waveform ALS features for dead wood detection. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 2: 199-204.
- Tälle M., Deák B., Poschlod P., Valkó O., Westerberg L., Milberg P. (2016): Grazing vs. mowing: A meta-analysis of biodiversity benefits for grassland management. *Agriculture Ecosystems & Environment* 15: 200-212.
- Tälle M., Deák B., Poschlod P., Valkó O., Westerberg L., Milberg P. (2018): Similar effects of different mowing frequencies on the conservation value of semi-natural grasslands in Europe. *Biodiversity and Conservation* (in press)
- Tóth E., Deák B., Valkó O., Kelemen A., Migléc T., Tóthmérész B., Török P. (2018): Livestock type is more crucial than grazing intensity: traditional cattle and sheep grazing in short-grass steppes. *Land Degradation and Development* 29: 231-239.
- Török P., Kapocsi I., Deák B. (2012): Conservation and management of alkali grassland biodiversity in Central-Europe. In: Zhang W.J. (szerk.) *Grasslands: Types, Biodiversity and Impacts*. New York, Nova Science Publishers Inc., pp. 109-118.
- Török P., Valkó O., Deák B., Kelemen A., Tóthmérész B. (2014): Traditional cattle grazing in a mosaic alkali landscape: Effects on grassland biodiversity along a moisture gradient. *PLoS ONE* 9: e97095.
- Valkó O., Deák B., Török P., Kelemen A., Migléc T., Tóthmérész B. (2017): Filling up the gaps – Passive restoration does work on linear landscape scars. *Ecological Engineering* 102: 501-508.
- Zlinszky A., Deák B., Kania A., Schroiff A., Pfeifer N. (2015): Mapping Natura 2000 habitat conservation status in a pannonic salt steppe with airborne laser scanning. *Remote Sensing* 7: 2991-3019.

A teljes életmű összesített impakt faktora: 141,78

