

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

URBAN GREEN SPACES IN BIODIVERSITY CONSERVATION

ZÖLDTERÜLETEK SZEREPE A BIODIVERZITÁS FENNTARTÁSÁBAN

Hüse Bernadett

Témavezető
dr. Deák Balázs
tudományos munkatárs



DEBRECENI EGYETEM
Juhász Nagy Pál Doktori Iskola
Debrecen, 2016

Bevezetés

Az urbanizáció, valamint az elmúlt évszázadok intenzív tájhasználatára miatt a természetes élőhelyek területe drasztikusan lecsökkent, a megmaradt állományok izolálódtak és fragmentálódtak (Williams et al. 2015). Ezek a folyamatok Európa számos táján a biodiverzitás drasztikus csökkenéséhez vezettek (Tóth & Hüse 2014; Deák et al. 2016). Habár az urbanizáció jelentősen megváltoztatta a természetes ökoszisztémákat, általa változatos élőhelyek jöttek létre a településeken belül, amelyek hozzájárulhatnak a városokban élő fajok diverzitás fenntartásához, a természetes, illetve természetközeli élőhelyekre jellemző fajok fennmaradásához (Lososová et al. 2011). A városi ökoszisztémákra jellemzők a száraz és meleg mikroklíma, valamint a talaj megnövekedett tápanyagtartalma. A városi élőhelyek fajkészletét jelentősen befolyásolja az egyes élőhelyekre jellemző emberi zavarások összessége. Számos tanulmány beszámolt arról, hogy a tájhasználat intenzitása és a zavarás szintje csökken a városközpontoktól a peremterületek felé (Magura et al. 2013). A különböző zavarási szintek egyaránt befolyásolják az inter- és intraspecifikus kompetíció nagyságát, valamint a zavarástűrő fajok arányát (Connell 1978; Magura et al. 2013). Harminckét európai városról készült összehasonlító tanulmányában Lososová et al. (2011) a klíma és számos élőhelytípus hatását vizsgálta a vegetáció fajösszetételére. Az élőhelytípusok között az európai városokra jellemző legtöbb élőhely szerepelt a történelmi városközpontoktól a külvárosokig, felölelve a szukcesszió kezdeti és középső fázisában lévő területeket. Azt találták, hogy az edényes növények fajösszetételének különbségei főként az élőhelytípusok különbségeiből adódnak. A területek eltérő előtörténete, életkora valamint izolációs szintje jelentős szerepet játszott a jelenkori vegetáció kialakításában. Ezek alapján a jövőbeli kutatások egyik fontos iránya a városi élőhely típusok növényzete közötti különbségekre fókuszál. A lokális faktorokon kívül a városi zöldterületek fajkészletére a foltot körülvevő városi környezet is fontos hatással van. A városi ökoszisztémákban található mesterséges elemek barriereket képezhetnek a fajok terjedésében és akadályozhatják a terjedési folyamatokat. Az egyes foltok izolációja veszélyezteti a populációk túlélését, és csökkenti a fajok diverzitását a megmaradt élőhelyeken (Jaeger 2000). A városi zöldhálózat biodiverzitás megőrzésében betöltött szerepének vizsgálatához Debrecen városa kiváló kutatási lehetőségeket biztosít.

Célkitűzések

Kutatásunk során azt vizsgáltuk, hogy a városi környezet milyen hatással van három tipikus városi élőhely (városi telek, városi park és városszéli gyepek) vegetációjára. A vizsgált élőhelytípusokat elsősorban a természetközeli gyepek és ruderalis társulások fajai jellemzik (*Városi élőhelyek fajösszetétele*). Azonosítottuk továbbá a Debrecen városában található városi zöldterületeket, és kapcsolatukat a város körül elhelyezkedő Regionális Ökológiai Hálózattal, valamint feltártuk a városi parkok biodiverzitás-megőrző potenciálját (*Városi zöldfelületi rendszer*).

Figyelembe véve a városi élőhelyek vegetációjára ható tényezőket, az alábbi hipotéziseket vizsgáltuk:

- (i) A köztes zavarási hipotézis a diverzitás és a zavarás között unimodális kapcsolatot feltételez (Connell 1978). A zavarás egy bizonyos szintje fölött az unimodális görbe meredeksége csökken. Ezt az állapotot képviselik az általunk vizsgált, erősen zavart városi élőhelyek. Ebben a szakaszban a növekvő zavarás csökkenő diverzitást eredményez. Ennek megfelelően a városközpontok erősen zavart élőhelyein alacsony fajszám értéket, és a Shannon-diverzitás alacsony értékét vártuk. A zavarás indikátoraként az erősen zavart élőhelyeken a természetes gyomfajok és zavarástűrő természetes növényfajok magasabb arányát vártuk.
- (ii) A városi élőhelyek fajkészletének kialakításában a városi abiotikus környezetnek kiemelt szerepe van (Williams et al. 2015). A városközpontok élőhelyein a meleg és nitrogénkedvelő fajok arányának növekedését, míg a nedvességkedvelő fajok arányának csökkenését vártunk a városkörnyéki gyepekhez képest.
- (iii) A homogenizációs hipotézis szerint az urbanizáció homogenizálja a városok fajkészletét. A homogenizáció az egész világon megfigyelhető jelenség, amely a nagyvárosok flóráját és vegetációját egyre hasonlóbba teszi (Lososová et al. 2012b). A homogenizáció intenzitása pozitívan korrelál a zavarás szintjével, így a városi magterületeken hatása jobban érzékelhető, mint a peremterületeken (Kühn & Klotz 2006). Ennek megfelelően a zavartabb helyeken a kozmopolita és idegenhonos fajok nagyobb arányát vártuk, ami egyúttal a természetes gyepekre jellemző fajok arányának csökkenéséhez vezet.

Mintaterületek

Debrecen Kelet-Magyarország legnagyobb városa, amely számos zöldterülettel és területhasznosítási típussal rendelkezik. Kiterjedt agglomerációs övezete van, belvárosát városi-elővárosi területek, valamint a városi településgyűrű határolja (Hüse et al. 2016). A városban jelen vannak a nagyvárosokra jellemző urbanizációs jelenségek és folyamatok: sűrű a közlekedési hálózat, növekszik a tájhasználat intenzitása, valamint a gyepek, erdők és szántók lakó- és ipari területekké alakítása. Ennek eredményeként jelentősen csökkent a régióban a természetes és természetközeli élőhelyfoltok kiterjedése és diverzitása. Az elmúlt időszakban sok kozmopolita, valamint adventív flóraelem jelent meg. A kedvezőtlen változások ellenére a megmaradt természetközeli élőhelyfoltok még mindig jelentős biodiverzitással rendelkeznek.

A városi élőhelyek fajösszetétele

Kutatásunk során három nyílt városi élőhelytípust vizsgáltunk: városi telkeket, városi parkokat és városszéli gyepeket. A három vizsgált élőhelytípus eltérő előtörténettel rendelkezik, továbbá különböznek a jelenlegi zavarás viszonyaikban és a városi ökoszisztémában betöltött szerepükben is. Tapasztalataink, valamint szakirodalomból származó információk alapján azt feltételeztük, hogy a belvárosi élőhelyeket (városi telek és városi park) magasabb szintű zavarás jellemzi, mint azokat az élőhelyeket, amelyek kívül esnek az erősen urbanizált területeken (városszéli gyepek). Kutatásunk során megvizsgáltuk a különböző zavarási szintek hatásait az eltérő élőhelytípusok közötti különbségekre koncentrálva.

Városi zöldfelületi rendszer

A Regionális Ökológiai Hálózat (rNECONET) a vizsgált területen magterületekből, ökológiai folyosókból és puffer zónákból áll. Magában foglalja a Natura 2000 hálózat helyi területeit, valamint a védett területeket is. Bár Debrecen városának beépített részei jelentős barrier hatást fejtenek ki az Ökológiai Hálózatban, ugyanakkor a sok zöldterület csökkentheti ezt a barrier hatást, és hozzájárulhat az ökológiai hálózat konnektivitásához (Magura et al. 2013).

Mintavétel és térinformatikai adatok feldolgozása

A városi élőhelyek fajösszetétele

Mindhárom vizsgált élőhelytípusból (városi telek, városi park és városszéli gyep) öt reprezentatív területet választottunk ki; összesen 15 mintavételi területen végeztük a városi élőhelyek fajösszetételére vonatkozó kutatásainkat. Mindegyik területen 5 db 5×5 méteres kvadrátot jelöltünk ki random módon, azaz mindegyik élőhelytípusban 25 mintavételi kvadrátot. A mintavételi kvadrátokban az edényes növények százalékos borítását jegyeztük fel a 2013-as évben. A számításokhoz a természetes flóra és a spontán megtelepedő "kerti szökevény" fajok adatait használtuk fel. A spontán flóra kvadrátokban történő felmérésén túl felmértük a vizsgált parkok egészére jellemző ültetett fajokat is.

Városi zöldfelületi rendszer

A spontán flórát és az ültetett fajokat összesen 9 debreceni városi parkban vizsgáltuk, 2012-ben. A spontán flóra vizsgálatához minden parkban 2 db 10×10 méteres kvadrátot jelöltünk ki, amelyben feljegyeztük a spontán vegetáció edényes növényeinek fajlistáját és százalékos borítását, belefoglalva a kerti szökevényfajokat is. A kvadrátok adataiból kizártuk az ültetett fajokat. A spontán flóra felmérése mellett a parkok egész területén feljegyeztük a dísznövényként ültetett fajokat is.

Meghatároztuk a város területhasználati kategóriáit, amelyek Debrecen szabályozási tervében is szerepelnek (ERDA, 2003), majd vektorizáltuk a területhasználati objektumokat. Ehhez a Google Maps 2011-es műholdképeit használtuk. A QGIS 2.12 verziójának Open Layers bővítményét felhasználva elkészítettük a területhasználati réteget a városról (QGIS Development Team, 2016). Eredményeink finomítása érdekében felhasználtuk az Európai Környezetvédelmi Ügynökség adatait (EEA, 2002) és a Regionális Ökológiai Hálózat térképét. Az 1997 évi Országos Területrendezési és Építési Követelményekről szóló Kormányrendelet alapján határoztuk meg a város funkcionális zöld területeit, a beépítetlen területeket valamint az erdőfoltokat, melyek az ökológiai hálózat lehetséges elemei. A kategóriák meghatározásának pontosításához Wittig (1991) munkáját használtuk.

Adatfeldolgozás

A városi élőhelyek fajösszetétele

Minden kvadrát esetében kiszámítottuk a Shannon-diverzitást. A fajokat Borhidi (1995) klasszifikációja alapján négy szociális magatartási típusba soroltuk be: adventív fajok, gyomfajok, zavarástűrő fajok, természetes élőhelyek fajai. A kozmopolita fajok besorolásánál szintén Borhidi (1995) munkáját vettük alapul. Minden kvadrát esetében kiszámoltuk az egyes szociális magatartástípusokba tartozó fajok, valamint a kozmopolita fajok relatív fajsámát és relatív borítását. A számolások során a fajok relatív hő-, nitrogén és vízigény Borhidi-féle ökológiai indikátor értékeit (Borhidi 1995) súlyoztuk a fajok borításával. A vizsgált élőhelytípusokra jellemző funkcionális csoportok változásait általános lineáris modellekkel (GLM) és Tukey-féle teszttel (Zuur et al. 2009) hasonlítottuk össze. A három élőhelytípus vegetációját DCA-ordinációval hasonlítottuk össze (Lepš & Šmilauer 2003).

Városi zöldfelületi rendszer

A zöldterületek funkcionális kapcsolatát az általunk elkészített zöldterületi térkép felhasználásával elemeztük. A nyílt élőhelyekhez kötődő fajok hatékony terjedési távolsága irodalmi adatok alapján kevesebb, mint 100 m (Novák & Konvička 2006). Vizsgálatunk során egy, a foltok körüli 200 méter kiterjedésű pufferezónát elemeztünk 10 méteres felosztásokkal. Az egyes sávokban megállapítottuk a diszjunkt áréak számát, valamint megállapítottuk a foltok közötti legkisebb távolságokat. A parkokban előforduló növényfajokat szociális magatartási típusaik szerint kategorizáltuk, amelyhez Borhidi (1995) munkáját használtuk. A fajokat hat funkcionális csoportba soroltuk: kompetítorok, generalisták, természetes pionírok, zavarástűrők, gyomok és ruderális kompetítorok. Elemeztük a spontán flóra és az ültetett fajok eredetét is, az alábbi csoportokba sorolva őket: őshonos fajok, archaeofitonok, neofitonok, inváziós, meghonosodott és alkalmi neofitonok.

Eredmények

A városi élőhelyek fajösszetétele

A vizsgált területeken összesen 140 fajt találtunk; ebből 90 fajt a városi telkeken, 44-et a városi parkokban és 96-ot a városszéli gyepeken. A három élőhelytípus össz fajszáma szignifikánsan különbözött (ANOVA, $F=7.68$, $p=0.007$). A városi parkokban szignifikánsan kevesebb faj volt, összehasonlítva a városi telkekkel és városszéli gyepekkel (átlag \pm SE=23.6 \pm 1.47; 34.6 \pm 2.50, és 34.4 \pm 2.66 fajszám/terület). A mintavételi kvadrátok fajszáma (mean \pm SE = 11.8 \pm 0.5 and 17.0 \pm 0.8; $p<0.001$) és Shannon-diverzitása (mean \pm SE = 1.6 \pm 0.1 and 2.2 \pm 0.1; $p<0.001$) a parkokban volt a legalacsonyabb és a városszéli gyepeken a legmagasabb. Az idegen fajok fajszáma (mean \pm SE = 10.3 \pm 2.3; 10.7 \pm 1.7 and 3.0 \pm 1.0) és relatív borítási értékei (mean \pm SE = 7.9 \pm 3.3; 12.4 \pm 3.6 and 2.3 \pm 1.6) a telkeken és a városszéli gyepeken voltak legmagasabbak, a parkokban pedig a legalacsonyabbak. Mindegyik élőhelytípusban a természetes gyomok és a zavarástűrő természetes fajok alkották a legjellemzőbb csoportot. A gyomok fajszáma magasabb volt a telkeken és a parkokban mint a városszéli gyepeken (mean \pm SE = 43.0 \pm 2.1; 39.6 \pm 2.5; 32.3 \pm 1.9), de a borítási értékekben nem találtunk szignifikáns különbségeket. A zavarástűrő fajok száma magasabb volt a telkeken és a városszéli gyepeken, mint a parkokban (mean \pm SE = 43.4 \pm 2.5; 46.9 \pm 1.9 and 55.3 \pm 3.0), annak ellenére, hogy relatív borításuk ez utóbbi élőhelytípusban volt a legmagasabb (mean \pm SE = 57.6 \pm 4.9). A természetes élőhelyek fajainak száma és borítási értéke a városszéli gyepeken, (mean \pm SE = 10.1 \pm 1.2 and 10.7 \pm 2.4), a kozmopolita fajok fajgazdagsága és relatív borítása a városi parkokban volt a legmagasabb (mean \pm SE = 57.6 \pm 2.0 and 69.2 \pm 4.1). A három vizsgált élőhelytípusra vonatkozóan nem találtunk különbséget a borítással súlyozott TB-értékek esetében. A borítással súlyozott WB-értékek a városszéli gyepeken (mean \pm SE = 4.9 \pm 0.2), míg a borítással súlyozott NB-értékek a telkeken voltak legmagasabbak (mean \pm SE = 5.3 \pm 0.2).

A DCA-ordináció jól elkülönítette a három élőhelytípus kvadrátjait. A városi parkok alkották a legkompaktabb csoportot, amelyet a *Carex hirta*, *Convolvulus arvensis* és *Cynodon dactylon* jellemzett. A városi telkek növényzete változatosabb fajösszetételt mutatott. Az élőhely jellemző fajai az *Arctium lappa*, *Bromus tectorum*, *Medicago lupulina* és *Trifolium* fajok voltak. Két idegen, inváziós faj, az *Ailanthus altissima* és *Solidago canadensis* előfordulása a városi telkekre volt jellemző. A

Taraxacum officinale és a *Lolium perenne* a parkokban és telkeken is egyaránt előfordult. A városszéli gyepek kvadrátjai szórtan helyezkedtek el, elsősorban a parlagok fajai jellemezték őket, mint az *Achillea collina*, *Cirsium arvense*, *Daucus carota*, *Plantago lanceolata*, *Poa pratensis*, *Rumex acetosella*, valamint *Vicia* fajok. Az élőhely jellemző adventív fajai a *Solidago gigantea* és az *Erigeron annuus* voltak. A városszéli gyepeket magas WB-értékek, a telkeket pedig magas NB-értékek jellemezték.

Városi zöldfelületi rendszer

Debrecen város városfejlesztési tervében kiemelt szerepe van a zöldfelületi rendszereknek. Kutatásaink során a város zöldfelületi rendszerben összesen 26 területhasználati kategóriát azonosítottunk. Eredményeink szerint az ipari területek, repülőtér és a vegyes hasznosítású területek nagy területet foglalnak el, a parkok és egyéb funkcionális zöldterületek pedig viszonylag kis kiterjedésűek. A vizsgált városi ökoszisztémában a foltok közötti távolság 6 m és 2664 m között mozgott. Legnagyobb konnektivitás a város északi és nyugati része között volt, míg a keleti és déli területek izoláltak, vagy kisebb élőhelyegyütteseket alkottak. A zöldterületek 75%-a 200 m-nél közelebb volt egymáshoz, és a legközelebbi távolság értékeknek csak 10%-a volt nagyobb, mint 500 m. A legközelebbi szomszéd foltok közelségének következtében a diszjunkt területek száma viszonylag gyors ütemű csökkenést mutatott (10, 20 és 30 méteres pufferen belül).

Eredményeink szerint a vizsgált parkok spontán flórájában legnagyobb részesedése a ruderalis élőhelyek fajainak volt (zavarástűrők, természetes gyomfajok, és ruderalis kompetitorok). A vizsgált parkok spontán flórájában az őshonos fajok voltak a legjellemzőbbek (50% fölötti borítással), habár az archaeofitonok és neofitonok aránya is magas volt. A dísznövények között mindegyik parkban tekintélyes arányban voltak jelen az őshonos fajok és a neofitonok, az archaeofitonok aránya pedig alacsony volt.

Diszkusszió

A városi élőhelyek fajösszetétele

Eredményeink alapján a fajszám és a Shannon-diverzitás értéke a városi parkokban volt a legkisebb. Ezeken a területeken volt a legnagyobb a zavarás és az urbanizáció. A vizsgált élőhelytípusok közül a legfajgazdagabbak a kevésbé zavart városszéli gyepek voltak. LaPaix & Freedman (2010) hasonló eredményre jutott, vizsgálatukban is az intenzíven kezelt rekreációs területek voltak a legfajszegényebbek. Mindhárom vizsgált élőhelytípusban a természetes gyomok magas arányát tapasztaltuk, habár borítási értékeik a belvárosi élőhelyeken voltak a legmagasabbak (városi telkek és városi parkok). Ez a gyakori és intenzív emberi zavarásnak tulajdonítható, mint a taposás és talajbolygatás, ami lehetővé teszi ezen fajok megtelepedését (Cervelli et al. 2013).

Markáns különbséget találtunk az élőhelyek fajösszetételében: a városi parkok, valamint a városi telkek és városszéli gyepek fajösszetétele jól elkülönült. A parkokra és telkekre a zavart és ruderalis élőhelyek fajai voltak jellemzőek, mint az *Erodium cicutarium*, *Hordeum murinum*, *Melandrium album*, *Taraxacum officinale*, valamint a taposásnak nagymértékben ellenálló *Convolvulus arvensis* és *Cynodon dactylon*. Ez igazolja Lososová et al. (2011) azon megállapítását, hogy Európa városi élőhelyein a taposástűrő fajok magas aránya jellemző. A városszéli gyepeket többnyire a városi területekről hiányzó, parlagokra jellemző szegetális gyomok uralták. Ezek a fajok minden bizonnyal vagy a szomszédos szántókról vándoroltak be, vagy a talaj magbankból származtak (Valkó et al. 2016a).

A városi hősziget hatás azt jelenti hogy a városi élőhelyek környezetükhöz képest magasabb hőmérséklettel rendelkeznek, amit főként a mesterséges felületek nagy aránya idéz elő (McDonnell & Hahs 2008). Kutatásunk során nem találtunk különbségeket a vizsgált élőhelyeken a borítással súlyozott TB (hőmérséklet)-értékek között. A borítással súlyozott WB (nedvesség)-értékek a parkokban voltak a legalacsonyabbak és a városszéli gyepekben a legmagasabbak. Más tanulmányok is kimutatták, hogy a városközpontokban szárazságtűrőbb növényfajok élnek, mint a városszéli élőhelyeken (Williams et al. 2015). Vizsgálatainkban a magasabb NB (nitrogén)-értékekkel rendelkező fajok a városi telkekre voltak jellemzőek (l. még Lososová et al. 2011).

Számos tanulmány megállapította, hogy a városközpontokban magas az idegenhonos fajok relatív borítása (Kühn & Klotz 2006). Megállapítottuk, hogy az idegenhonos fajok aránya a spontán flórában egyaránt magas volt az erősen zavart telkeken és a legkevésbé zavart városszéli gyepekben is. Bár a legtöbb tanulmány szerint az erős zavarásnak kitett élőhelyek alkalmasak leginkább a növényi invázióra (Lososová et al. 2012a). Az általunk vizsgált esetben a kulcsfaktor valószínűleg az élőhelyek kora volt, nem pedig a diszturbancia szintje. Ez egybevág Albert et al. (2014) megállapításával, miszerint az idegen fajok aránya magasabb a fiatalabb élőhelyeken. A városi telkeken valószínűleg a korai szukcessziós fázis, a jelentős zavarás és a környék lehetséges propagulumforrásai lehetnek az okai az idegen fajok magas arányának. A kozmopolita fajok mindhárom vizsgált élőhelytípusban nagy arányban voltak jelen, hasonlóan más európai nagyvárosokhoz (Lososová et al. 2012a). Arányuk szignifikánsan nagyobb volt a legerősebben zavart városi parkokban, összevetve a telkekkel és városszéli gyepekkel. Eredményünk egybevág Lososová et al. (2012b) megállapításával, mely szerint az erősebben zavart élőhelyeket jobban érinti a biotikus homogenizáció. A leggyakoribb kozmopoliták gyors növekedésű, rövid életű fajok voltak (*Capsella bursa-pastoris*, *Convolvulus arvensis*, *Erodium cicutarium* és *Poa compressa*), amelyek jól alkalmazkodnak a zavart helyekhez (Lososová et al. 2012b). Számos tanulmány megállapította, hogy a kozmopolita és idegen fajok magas aránya, a folyamatos emberi zavarással együtt kompetíciós hátrányba kényszerítik és visszaszorítják a természetes élőhelyek fajait (Huwet & Wittig 2013). Eredményeink megerősítik ezt a mintázatot, a természetes élőhelyek fajait legkisebb arányban a telkeken és parkokban találtuk.

Városi zöldfelületi rendszer

Megállapítottuk, hogy Debrecenben a funkcionális zöldterületek 65 százaléka összeköttetésben van egymással, ami lehetővé teszi a nyílt, természetközeli élőhelyek fajainak mozgását a városi zöldterületek között. Habár meg kell jegyeznünk, hogy az élőhelyfoltok 200 méteres puffertávolsága 9 diszjunkt areát eredményezett, vagyis a teljes, foltszintű konnektivitás nem biztosított Debrecen területén belül. Vizsgálatunk alapján a déli és keleti részén izolált területek vannak. Egyrészt a magas szintű konnektivitás kedvező a biodiverzitás fenntartása szempontjából (Lososová et al. 2011), amit az őshonos fajok viszonylag magas aránya jelez, másrészt problémákat is okozhat, mivel az inváziós fajok terjedését is elősegítheti (Lososová et al. 2012b).

Debrecen zöldterületeinek legsikeresebb inváziós fajai között szerepel az *Acer negundo*, *Ailanthus altissima* és *Robinia pseudo-acacia*, amelyek olyan európai városokban, mint Berlin szintén elterjedtek (Kowarik 1990). Lososová et al. (2012b) szintén beszámol az *Ailanthus altissima* jelenlétéről több európai városban. Azokban a parkokban, amelyeket vizsgáltunk, ezeket a fajokat többnyire dísznövényként ültetik. Az inváziós fajok felmérése városi környezetben különösen fontos, mivel sok növényfaj képes kiszabadulni a környező kertekből, és jó terjedési képessége révén más élőhelyekre könnyen áttérjedni (Lososová et al. 2012a).

Konklúzió

Kutatásunk során megállapítottuk, hogy a városi élőhelyek fajösszetételét jelentősen befolyásolták adott élőhelyre ható speciális zavarások. Ilyen zavarások a taposás, talajbolygatás és az évi többszöri gépi kaszálás, amelyek alacsony fajdiverzitást, valamint a gyomok és zavarástűrő fajok magas arányát eredményezték. Emellett a városi élőhelyeken a száraz és tápanyagban gazdag környezet is jelentősen befolyásolta a növényzet fajösszetételét, és a speciális környezeti viszonyok a vegetáció homogenizálódásához vezettek. Összevetve a városszéli gyepekkel, a városi telkeken és parkokban a kozmopolita fajok szignifikánsan nagyobb arányban voltak jelen. Azonban a természetes élőhelyek fajainak aránya alacsony volt. Az általunk vizsgált városi élőhelyfoltok jelentős szerepet játszanak a természetközeli élőhelyek fenntartásában, valamint alapvető ökoszisztéma-szolgáltatásokat biztosítanak a társadalom számára.

Tanulmányunk rávilágít arra, hogy sok városban szükség van a városi zöldterületek megfelelő tervezésére. Ez történhet a természetes élőhelyek fajainak betelepítésével és a zöldterületek megfelelő kezelésével. Ahogyan Klaus (2013) is rámutat a városi környezetben végzett gyeprekonstrukciós projektek igen hatékonyak lehetnek. Városi környezetben nem kell törekedni a maximális hozamra és a specialista fajok nagy diverzitására, így a gyeptelepítés és a hosszú távú gyepterkezelés könnyebben megvalósítható. Ilyen projektekhez a helyi flóra élvelő, zavarástűrő, kompetítor fajait ajánljuk, amelyek képesek megbirkózni a jellegzetes városi körülményekkel (Valkó et al. 2016b).

Fontos a zöldterületek növelése annak érdekében, hogy az extrém városi körülmények negatív hatásait csökkentsük, mind a lakosság életkörülményeinek javítására, mind a megmaradt élőhelyfragmentumok élővilága érdekében. Az összeköttetésben lévő zöldterületek alapvető ökoszisztéma szolgáltatásokat nyújtanak, mint például a városi klíma szabályozása, hűvösebb és nedvesebb levegő biztosítása. A növények megszűrik a port és szennyezőanyagokat, védik a városi talajokat a kiszáradás és erózió ellen, valamint csökkentik a zajszennyezést.

Introduction

As a result of urbanisation and transformation of natural habitats into intensively used agricultural lands, natural habitats became reduced in size and fragmented leading to a severe loss of biodiversity (Tóth & Hüse 2014; Williams et al. 2015; Deák et al. 2016). Urbanisation affects biodiversity in many ways: it alters the abiotic environment (such as temperature, soil characteristics, water availability; Csorba & Szabó 2012) and leads to considerable loss and isolation of natural habitats (LaPaix & Freedman 2010). Even though urbanization has considerably changed natural ecosystems, variety of habitats were created in urban environments, which may also support species diversity and persistence of species typical to natural and semi-natural habitats (Lososová et al. 2011). Urban habitats are characterised by special abiotic conditions, such as dry and hot microclimate and increased soil nutrient content which are important drivers of the composition of local species pools and biodiversity (Kühn & Klotz 2006). Species diversity of urban habitats is also considerably influenced by various disturbance levels typical to certain habitat types. Several studies have reported that land use intensity and the level of disturbances decrease from city centres towards peri-urban areas (Magura et al. 2013). In their comparative study of 32 European cities, Lososová et al. (2011) studied a wide range of habitat types from historical city centres to early successional and mid-successional sites on the species composition of vascular plants. They found that variation in the species composition of vascular plants is mainly related to the differences between habitat types (with different site history, disturbance level, age and level of isolation). This knowledge allowed future researches to focus on the differences between certain habitat types for a better understanding of mechanisms shaping urban vegetation. In urban ecosystems artificial elements can constitute barriers for species dispersal and hinder complex propagation processes, which can threaten the survival of the populations and decrease the species diversity of the remaining habitats (Jaeger 2000). For studying the role of urban green network in biodiversity conservation, the city of Debrecen provides unique research opportunity.

Aims of the study

In our study we investigate the effects of urban environment on the vegetation of three typical urban habitat types (vacant lot, urban park, and peri-urban grassland) characterised by species typical to semi-natural grasslands and ruderal assemblages (*Species composition of urban habitats*). Furthermore we identified urban green areas and their connections with the Regional Ecological Network surrounding the city of Debrecen (East-Hungary), and explored the biodiversity potential of the network of urban parks (*Urban green space system*).

Concerning the factors which effect the vegetation of urban habitats we proposed the following hypotheses:

- (i) The intermediate disturbance hypothesis assumes that diversity and disturbance have an unimodal relationship (Connell 1978); above a certain level of disturbance, in the declining slope of the unimodal curve, which is represented by our highly disturbed urban habitats, increasing level of disturbance results in a decreased diversity. Thus we expect lower species numbers and Shannon diversity in highly disturbed habitats of the city centres. As an indicator of disturbance we expect a higher proportion of weeds and disturbance-tolerant species in the more disturbed habitats.
- (ii) Urban environmental conditions are among the main filters shaping the species pool of urban habitats (Williams et al. 2015). We expect an increase in the ratio of warm- and nitrogen-demanding species and a decrease in the ratio of moisture demanding species in habitats typical to city centres compared to the peri-urban grasslands.
- (iii) According to the urban homogenisation hypothesis, urbanisation has a strong homogenisation effect on the species pool of the cities, making the vegetation in the cities across the globe more similar than would be otherwise expected (Lososová et al. 2012b). The intensity of homogenisation shows a positive correlation with the level of disturbance; thus, urban core areas are more affected in this respect than peri-urban areas (Kühn & Klotz 2006). We predict a larger proportion of cosmopolitan and alien species in the more disturbed habitats, resulting in a decrease in the proportion of species of the natural flora.

Study site

Debrecen is the largest city in East-Hungary, harbouring several urban green areas with various land use types. The city has an extended agglomeration zone. The downtown is bounded by urban-suburban areas and urban settlement rings. Urbanization processes are similar to other large cities: increasing land use intensity, conversion of grasslands, forests and arable lands to residential and industrial parks with a dense traffic network. As a result, the extension and diversity of the natural and semi-natural habitat patches have been considerably reduced in the region and many cosmopolitan and adventive flora elements appeared. In spite of the unfavourable changes the remnant semi-natural habitat patches still harbour a considerable diversity.

Species composition of urban habitats

We investigated three typical open urban habitat types that have the potential to harbour spontaneous grassland flora in the studied city. These habitats were vacant lots, urban parks and peri-urban grasslands. These habitats have different site histories, current disturbance regimes and positions in the urban ecosystem of Debrecen. Based on our experiences and information from the literature, we assumed that habitats of the city centres are characterised by a higher level of disturbance compared to the habitats located outside the heavily urbanised area. As suggested by Lososová et al. (2011) we studied the effects of the different disturbance levels indirectly by concentrating on the differences between the distinct habitat types.

Urban green space system

The Regional Ecological Network (rNECONET) in the studied region consists of core areas, ecological corridors and buffer zones and also includes the local sites of the Natura 2000 network and protected areas. On the one hand, Debrecen city has a considerable barrier-effect in this network; on the other hand, there are many urban green areas inside the city which may reduce the barrier effect and contribute to the connectivity of the ecological network (Magura et al. 2013).

Sampling design and spatial informatics

Species composition of urban habitats

We chose five representative sites of each of the three studied habitat types (vacant lots, urban parks, and peri-urban grasslands); altogether we studied 15 sites. We designated five random sampling plots of 5×5 metres in every site, thus we surveyed 25 plots in each habitat type and a total of 75 plots. In the sampling plots we recorded the percentage cover of vascular plants in 2013. For the calculations we used only the records of natural and spontaneous vegetation including garden escapes and spontaneously established woody species. We excluded the planted species as we aimed to represent the natural responses of the vegetation.

Urban green space system

We studied the spontaneous flora and planted species of 9 urban parks in Debrecen in 2012. For studying the spontaneous flora, we designated two 10×10 m sampling plots in each urban park. In the plots we recorded the species list and percentage cover of all vascular plants of the spontaneous vegetation including garden escapes. We excluded the planted species from the plot level survey. Besides surveying the spontaneous flora, we also surveyed the planted ornamentals in the whole area of the studied parks.

We vectorized the land use objects using Google Maps (satellite images of 2011), and prepared the actual land use layer of Debrecen. For this, we used the Open Layers 1.3 plugin of the QGIS 2.12 (QGIS Development Team 2016). We also used the Urban Atlas (EEA 2002) and the rNECONET map to fine-tune our results. Based on the Built Environment and Conservation Law (1997) we considered functional green space of the city (for example urban parks), undeveloped areas (arable lands, meadows, treeless and wooded grasslands and gardening culture), and forest patches as potential green spaces of the ecological network. For the categorisation we used the categories suggested by Wittig (1991).

Data analysis

Species composition of urban habitats

We calculated species numbers and Shannon diversity for each plot, and we calculated total species numbers on the site level as a sum of species encountered in all plots. Species were assigned to four groups: alien species, weeds, disturbance-tolerant species and species of natural habitats using the categories of the social behaviour type general classification system (Borhidi 1995). We considered species as cosmopolitans based on the classification of Borhidi (1995). We calculated both relative species number and relative cover scores for social behaviour type groups and for cosmopolitan species for each plot. We used cover weighted scores of Ellenberg ecological indicator values for temperature, water, and nitrogen (Borhidi 1995). We compared the vegetation characteristics of the habitat types using General Linear Models (GLM) and Tukey-tests (Zuur et al. 2009). For comparing the vegetation of vacant lots, urban parks, and peri-urban grasslands we used Detrended Correspondence Analysis (DCA) based on specific cover scores. We used the cover weighted relative ecological indicators values TB (temperature), WB (moisture) and NB (nitrogen) as an overlay for the ordination (CANOCO 4.5; Lepš & Šmilauer 2003).

Urban green space system

Functional connectivity of green spaces was determined using our green space map. Effective spreading distance of open habitat species was reported to be less than 100 m by Novák & Konvička (2006). However considering that species movements do not depend only on the inter-patch distances itself, but can be described by occurrence probabilities (Saura & Pascal-Hortal 2007) in certain distance ranges, we examined a 200 m wide range divided by 10 meter buffer zones and counted the number of disjunct areas (i.e. individual habitats). We also determined the minimum distances between the patches. We categorised the species based on their social behaviour types using the categories of Borhidi (1995) and their origin. Species were assigned to six functional groups: competitors, generalists, natural pioneers, disturbance-tolerants, weeds and ruderal competitors. We also studied and analyzed the origin of species of the spontaneous and planted flora. Species were classified into the following groups: native, archaeophytes, neophytes, invasive, naturalized and casual neophytes.

Results

Species composition of urban habitats

We found altogether 140 species in the studied sites; there were 90 species in vacant lots, 44 in urban parks and 96 in peri-urban grasslands. Total species numbers of the three habitat types differed significantly (ANOVA, $F = 7.68$, $p = 0.007$); urban parks harboured significantly fewer species compared to vacant lots and peri-urban grasslands (mean \pm SE = 23.6 \pm 1.47; 34.6 \pm 2.50 and 34.4 \pm 2.66 species/site, respectively). Species number (mean \pm SE = 11.8 \pm 0.5 and 17.0 \pm 0.8; $p < 0.001$) and Shannon diversity (mean \pm SE = 1.6 \pm 0.1 and 2.2 \pm 0.1; $p < 0.001$) of the plots were the lowest in urban parks and the highest in the peri-urban grasslands. Both relative species number (mean \pm SE = 10.3 \pm 2.3; 10.7 \pm 1.7 and 3.0 \pm 1.0) and relative cover scores (mean \pm SE = 7.9 \pm 3.3; 12.4 \pm 3.6 and 2.3 \pm 1.6) of alien species were the highest in vacant lots and peri-urban grasslands and the lowest in urban parks. Weeds and disturbance-tolerant species were the most typical groups in each habitat types. The relative number of weed species was higher in vacant lots and urban parks compared to peri-urban grasslands (mean \pm SE = 43.0 \pm 2.1; 39.6 \pm 2.5; 32.3 \pm 1.9), but we did not detect significant differences in cover scores. The relative species number (mean \pm SE = 43.4 \pm 2.5; 46.9 \pm 1.9 and 55.3 \pm 3.0) and relative cover of disturbance-tolerant species was lower in vacant lots and peri-urban grasslands than in urban parks (mean \pm SE = 57.6 \pm 4.9). Both the relative number of species and cover of species typical for natural habitats were the highest in peri-urban grasslands (mean \pm SE = 10.1 \pm 1.2 and 10.7 \pm 2.4). Both the relative species richness and relative cover of cosmopolitan species were the highest in urban parks (mean \pm SE = 57.6 \pm 2.0 and 69.2 \pm 4.1). We detected no difference in the cover-weighted TB scores of the three studied zones. Cover-weighted WB scores were the highest in the peri-urban grasslands (4.9 \pm 0.2). Cover-weighted NB scores were the highest in vacant lots (5.3 \pm 0.2).

In the DCA ordination, plots of the three habitat types were well separated. Urban parks composed the most compact group which was characterised by *Carex hirta*, *Convolvulus arvensis* and *Cynodon dactylon*. Plots of vacant lots had a more heterogeneous pattern, typical species of this habitat were *Arctium lappa*, *Bromus tectorum*, *Medicago lupulina* and *Trifolium* spp. Two alien invasive species *Ailanthus altissima* and *Solidago canadensis* were plotted here as well. *Taraxacum officinale* and *Lolium perenne* were typical both for urban parks and the vacant lots.

Plots of peri-urban grasslands were scattered and characterised by species mainly typical for oldfields such as *Achillea collina*, *Cirsium arvense*, *Daucus carota*, *Plantago lanceolata*, *Poa pratensis*, *Rumex acetosella* and *Vicia* spp. Typical alien species of this group were *Solidago gigantea* and *Erigeron annuus*. High cover-weighted WB values were typical for peri-urban grasslands and high cover-weighted NB values for the vacant lots.

Urban green space system

We identified altogether 26 land use types in the green space system of Debrecen. We identified the current elements of the green spaces (GS); furthermore, we involved further categories which also have relevant ecological functionality but not included into the system (potential green space; PGS). We found that whilst industrial areas, airport and mixed land covered a relatively large area, parks and other functional green spaces had relatively small extent. In the studied urban ecosystem inter-patch distances ranged between 6 m to 2664 m. Western and northern part of the city is mostly connected, while in the eastern and southern parts green areas are isolated or form smaller set of habitats considering a 200 m threshold distance. 75% of the green spaces were closer than 200 m and only 10% of the nearest distances were higher than 500 m. Due to the close nearest neighbour patches, number of disjunct areas decreased in a relatively fast pace, i.e. within a 10-20-30 m buffer.

We found that mostly species typical to ruderal habitats (disturbance-tolerants, weeds and ruderal competitors) had the highest proportion in the spontaneous flora of the surveyed urban parks. In the spontaneous flora of the studied urban parks, native species were the most typical (with a cover above 50%), although the ratio of archaeophytes and neophytes were also high. Among ornamental plants, both the proportion of native species and neophytes were considerable in each park, and the proportion of archaeophytes was low.

Discussion

Species composition of urban habitats

Effect of disturbance intensity – We found that the urban parks, characterised by a high level of urbanisation and disturbance, harboured the lowest number of species and the lowest Shannon diversity. Mid-successional peri-urban grasslands characterised by a low disturbance regime were the most species-rich among the studied habitat types. This is in line with the findings of other studies where they found that intensively managed recreational sites had the lowest species numbers compared to any other habitat types (LaPaix & Freedman 2010). We detected a high proportion of weed species in all habitat types; however their cover scores were the highest in habitats of the city centre (vacant lots and urban parks). This was due to the frequent and intensive human disturbance such as trampling and soil disturbance which allowed the establishment of these species (Cervelli et al. 2013).

There was a marked difference in the species composition of the habitats; the species composition of urban parks, and the early- (vacant lots) and mid-successional (peri-urban grasslands) habitats were well separated. Urban parks and vacant lots were characterised by species typical to disturbed and ruderal habitats in an early successional stage, such as *Erodium cicutarium*, *Hordeum murinum*, *Melandrium album* and *Taraxacum officinale*. Moreover, we detected ruderal species such as *Convolvulus arvensis* and *Cynodon dactylon* which are highly resistant for trampling. Our results confirmed the findings of other studies which found that high ratio of trampling-tolerant species was typical in urban habitats in Europe (Lososová et al. 2011).

We detected considerable differences in the species composition of peri-urban grasslands compared to the vacant lots and urban parks due to their different origin and landscape context. Peri-urban grasslands were mostly characterised by segetal weed species and disturbant-tolerant ones absent from urban habitats but typical for old-fields which likely immigrated from the neighbouring arable fields and from the residual seed bank (Valkó et al. 2016a).

Changes in environmental factors – The so-called "urban heat island effect" assumes that urban habitats are characterised by a higher temperature compared to their environments, which is mainly due to

the higher rate of artificial surfaces (McDonnell & Hahs 2008). However, we did not find differences between the cover-weighted TB scores of the studied habitat types. The cover-weighted WB scores were the lowest in the urban parks and highest in peri-urban grasslands. This is in line with the findings of other studies, where they found that plant species of city centres are more drought-tolerant compared to peri-urban grasslands (Williams et al. 2015). In our study, species with high nitrogen (NB) score were the most typical for the vacant lots; corroborating reports of high nitrogen deposit and low depletion in city centres (Lososová et al. 2011).

Homogenisation – Several studies found that relative cover of alien species increased in city centres (Kühn & Klotz 2006). In our study we found that the ratio of alien species in the spontaneous flora were high both in the early-successional vacant lots with a high disturbance level and mid-successional peri-urban grasslands, which represented the lowest disturbance regime. Even though most studies found that strongly disturbed habitats are the most prone to plant invasions (Lososová et al. 2012a), in our case likely the key factor was the successional stage of habitats, not the level of disturbance. This is in line with the findings of Albert et al. (2014), who found that the ratio of alien species is higher in younger habitats. In vacant lots the co-occurrence of early-successional age, the high levels of disturbance and the vicinity of potential propagule sources were likely responsible for the high proportion of the alien species. The proportion of cosmopolitan species was high in all studied habitat types similar to urban habitats situated in other European cities (Lososová et al. 2012a). In contrast to the proportion of alien species, the proportion of cosmopolitan species was significantly higher in the most disturbed urban parks compared to the vacant lots and peri-urban grasslands. This is in line with the findings of Lososová et al. (2012b) who found that more disturbed habitats are more affected by biotic homogenisation. Cosmopolitan species were represented mainly by species such as *Capsella bursa-pastoris*, *Convolvulus arvensis*, *Erodium cicutarium* and *Poa compressa*, which are fast growing and short-lived and well adapted to disturbed habitats.

Several studies found that the high ratio of cosmopolitan and alien species together with the continuous human disturbance puts native species at a competitive disadvantage, suppressing species typical to natural habitats (Huer & Wittig 2013). Our results confirmed this pattern; we found the lowest proportion of species typical for the natural habitats in vacant lots and urban parks.

Urban green space system

We found that 65% of the functional green spaces are potentially connected, thus, there is a possibility for species typical to semi-natural open habitats to disperse between the green spaces of the city. However, the 200 m buffer distance of the habitat patches resulted in 9 disjunct areas, which means that the complete patch level connectivity is not ensured within Debrecen, southern and eastern areas represent isolated regions based on our present approach. On the one hand, the high level of connectivity is favourable for sustaining biodiversity (Lososová et al. 2011) which is shown by the relatively high ratio of native species. On the other hand, it can be problematic, as it can also support the spread of invasive species (Lososová et al. 2012b).

The most successful invasive species in the green areas of Debrecen included *Acer negundo*, *Ailanthus altissima* and *Robinia pseudo-acacia*, which are also widespread in European cities, for instance in the urban areas of Berlin (Kowarik 1990). Lososová et al. (2012b) also reported the presence of *Ailanthus altissima* from several European cities. These species were often used as ornamental plants in the studied parks. Surveying invasive species is especially important in urban environments, because many plants are able to escape from cultivation and can easily spread to other habitats due to their good dispersal ability (Lososová et al. 2012a).

Conclusions

In our study we found that species composition of urban habitat types was considerably affected by the specific disturbances and site histories associated with the certain habitats (see also Lososová et al. 2012a). The studied habitats were affected by various disturbance factors such as trampling, soil disturbances and mowing, which resulted in lower species diversity and a higher proportion of weeds and disturbance-tolerant species. In addition, in urban habitats the dry and nutrient-rich environment proved to be an important driver of the vegetation composition. The special conditions in urban habitats led to a homogenisation of the vegetation. In the vacant lots and urban parks we observed a significantly higher proportion of cosmopolitan species and a considerably lower proportion of species typical for the natural habitats compared to peri-urban grasslands. Although the studied urban habitat patches did not contribute considerably to the preservation of rare or endangered plant species, they still play an important role in preserving last remnants of grasslands in an intensively used landscape, and providing essential ecosystem services for the society.

Our study reveals that in many cities there is an urgent need for a conceptual naturalizing plan for the urban habitats by introducing species typical for natural habitats and providing proper management for them. As Klaus (2013) points out, grassland restoration projects in urban environments have a considerable advantage compared to ones in agricultural landscapes, namely that in urban ecosystems there is no interest in maximizing the yield and long-term management is more feasible. We suggest using perennial, disturbance tolerant, competitor species of the local flora which can cope with the special urban conditions in such projects. Preferably the seeds should be originated from a local provenance to conserve the regional gene pool (Valkó et al. 2016b).

It is also crucial to increase the area of green spaces to decrease the negative effects of extreme urban conditions both on the livelihood of citizens and also on the biota of remaining habitat fragments. Connected green spaces (green space system) provide essential ecosystem services, such as climate regulation, by providing cooler and more humid conditions, and also by venting and refreshing effect. Plants can filter the dust and pollutants, preserve urban soils against drying and erosion and decrease noise pollution.

Irodalom/References

- Albert, Á.-J., Kelemen, A., Valkó, O., Migléc, T., Csecserits, A., Rédei, T., Deák, B., Tóthmérész, B. & Török, P. (2014): Trait-based analysis of spontaneous grassland recovery in sandy old-fields. – *Appl. Veg. Sci.* 17: 214–224.
- Borhidi, A. (1995): Social behaviour types, the naturalness and relative ecological indicator values of the higher plants in the Hungarian Flora. – *Acta Bot. Hung.* 39: 97–181.
- Cervelli, E.W., Lundholm, J.T. & Duc, X. (2013): Spontaneous urban vegetation and habitat heterogeneity in Xi'an, China. – *Landscape Urban Plan.* 120: 25–33.
- Connell, J. (1978): Diversity in tropical rain forests and coral reefs. – *Science* 199: 1302–1310.
- Csorba, P. & Szabó, Sz. (2012): The Application of Landscape Indices in Landscape Ecology. – In: Tiefenbacher J. (Ed.): *Perspectives on Nature Conservation: Patterns, Pressures and Prospects*: 121–140. Rijeka, In Tech.
- Deák B., Hüse B. & Tóthmérész B. (2016): Grassland vegetation in urban habitats – testing ecological theories. *Tuexenia* 36: 379–393.
- EEA (2002): *Towards an urban atlas: Assessment of spatial data on 25 European cities and urban areas*. EEA, Copenhagen.
- Huwer, A. & Wittig, R. (2013): Evidence for increasing homogenization and de-ruralization of the Central European village flora. – *Tuexenia* 33: 213–231.
- Jaeger, J.A.G. (2000): Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecol.* 15:115–130.
- Klaus, V.H. (2013): Urban grassland restoration: A neglected opportunity for biodiversity conservation. *Restor. Ecol.* 21: 665–669.
- Kowarik, I. (1990): Some responses of flora and vegetation to urbanization in central Europe. In: Sukopp, H., Hejny, S. (Eds.), *Urban Ecology: Plants and Plant Communities in Urban Environments*. SPB Academic Publishing, Den Haag. 47–48.
- Kühn, I. & Klotz, S. (2006): Urbanization and homogenization – Comparing the floras of urban and rural areas in Germany. – *Biol. Conserv.* 127: 292–300.
- LaPaix, R. & Freedman, B. (2010): Vegetation Structure and Composition within Urban Parks of Halifax Regional Municipality, Nova Scotia, Canada. – *Landscape Urban Plan.* 98: 124–135.

- Lepš, J. & Šmilauer, P. (2003): Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. – Cambridge University Press, Cambridge: 269.
- Lososová, Z., Horskák, M., Chytrý, M., Čejka, T., Danihelka, J., Fajmon, K., Hájek, O., Juříčková, L., Kintrová, K., Láníková, D., Otýpková, Z., Řehořek, V. & Tichý, L. (2011): Diversity of Central European urban biota: effects of human-made habitat types on plants and land snails. *J. Biogeogr.* 38: 1152–1163.
- Lososová, Z., Chytrý, M., Tichý, L., Danihelka, J., Fajmon, K., Hájek, O., Kintrová, K., Kühn, I., Láníková, D., Otýpková, Z. & Řehořek, V. (2012a): Native and alien floras in urban habitats: a comparison across 32 cities of central Europe. – *Glob. Ecol. Biogeogr.* 21: 545–555.
- Lososová, Z., Chytrý, M., Tichý, L., Danihelka, J., Fajmon, K., Hájek, O., Kintrová, K., Láníková, D., Otýpková, Z. & Řehořek, V. (2012b): Biotic homogenization of Central European urban floras depends on residence time of alien species and habitat types. – *Biol. Conserv.* 145: 179–184.
- Magura, T., Nagy, D. & Tóthmérész, B. (2013): Rove beetles respond heterogeneously to urbanization. *J. Insect Conserv.* 17: 715–724.
- McDonnell, M.J., Hahs, A.K. (2008): The use of gradient analysis studies in advancing our understanding of the ecology of urbanizing landscapes: current status and future directions. *Landscape Ecology* 23: 1143–1155.
- Novák, J. & Konvička, M. (2006): Proximity of valuable habitats affects succession patterns in abandoned quarries. *Ecol. Eng.* 26: 113–122.
- Tóth K & Hüse B. (2014): Soil seed banks in loess grasslands and their role in grassland recovery. *Appl. Ecol. Env. Res.* 12: 537–547.
- Saura, S. & Pascual-Hortal, L. (2007): A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape Urban Plan.* 83: 91–103.
- Valkó, O., Deák, B., Török, P., Kelemen, A., Migléc, T., Tóth, K. & Tóthmérész, B. (2016a): Abandonment of croplands: problem or chance for grassland restoration? Case studies from Hungary. *Ecosyst. Health Sustain.* 2(2): e01208.
- Valkó O., Deák B., Török P., Kirmer A., Tishew A., Kelemen A., Tóth K., Migléc T., Radócz Sz., Sonkoly J., Tóth E., Kiss R., Kapocsi I. & Tóthmérész B. (2016b): High-diversity sowing in establishment windows: a promising new tool for enhancing grassland biodiversity. *Tuexenia* 36: 359–378.

- Williams, N.S.G., Hahs, A.K. & Vesk, P.A. (2015): Urbanisation, plant traits and the composition of urban floras. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 17: 78–86.
- Wittig, R. (1991): *Ökologie der Großstadtflora. Flora und Vegetation der Städte des nord-westlichen Mitteleuropas.* Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 261 pp.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N., Saveliev, A.A. & Smith, G.M. (2009): *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology.* – Springer, New York: 574.



Jelölt: Hüse Bernadett
Neptun kód: CQFK41
Doktori Iskola: Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

1. Deák, B., **Hüse, B.**, Tóthmérész, B.: Grassland vegetation in urban habitats - testing ecological theories.
Tuexenia. 36, 379-393, 2016. ISSN: 0722-494X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14471/2016.36.017>
IF: 0.795 (2015)
2. **Hüse, B.**, Szabó, S., Deák, B., Tóthmérész, B.: Mapping an ecological network of green habitat patches and their role in maintaining urban biodiversity in and around Debrecen city (Eastern Hungary).
Land Use Pol. 57, 574-581, 2016. ISSN: 0264-8377.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.026>
IF: 2.768 (2015)

További közlemények

Magyar nyelvű közlemények hazai folyóiratban (1)

3. **Hüse, B.**: Magyar szürke szarvasmarha legeltetés hatása hortobágyi szikes gyepék növényzetére.
Gyepgazdálk. Közl. 1-2, 29-35, 2013. ISSN: 1785-2498.

Idegen nyelvű közlemények hazai folyóiratban (2)

4. Török, P., Miglécz, T., Valkó, O., Tóth, K., Kelemen, A., Albert, Á. J., Matus, G., Molnár, V. A., Ruprecht, E., Papp, L., Deák, B., Horváth, O., Takács, A., **Hüse, B.**, Tóthmérész, B.: New thousand-seed weight records of the Pannonian flora and their application in analysing social behaviour types.
Acta Bot. Hung. 55 (3-4), 429-472, 2014. ISSN: 0236-6495.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/ABot.55.2013.3-4.17>



5. Tóth, K., **Húse, B.**: Soil seed banks in loess grasslands and their role in grassland recovery.
Appl. Ecol. Environ. Res. 12 (2), 537-547, 2014. ISSN: 1589-1623.
IF: 0.557

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 4,12

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
3,563**

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

Debrecen, 2016.08.26.

