
A magyar földikutya (*Nannospalax hungaricus*) növényzetre gyakorolt hatásának mikrocönológiai monitorozása a Tompapusztai löszgyepecben (2011–2014)

Bartha Sándor – Zimmermann Zita – Szabó Gábor – Szentes Szilárd –
Virágh Klára – Csathó András István

Abstract

Microcoenological monitoring of loess steppe meadow vegetation disturbed by Hungarian blind mole rat [*Nannospalax (leucodon) hungaricus*] at Tompapuszta loess steppe meadow between 2011 and 2014. Fine scale spatiotemporal patterns of diversity and plant species composition were studied in the Tompapusztai löszgyepec (Külső-gulya) protected loess steppe meadow at Battonya-Tompapuszta (SE Hungary). The presence of the blind mole rat is characteristic to the loess grassland at Tompapuszta, therefore we asked the question: how the activity of this subterranean rodent affected the grassland vegetation. Presence of plant species was recorded along 52 m long rectangular (20×6 m) transects made up of 1040 units of 5 cm × 5 cm contiguous microquadrats. Shift moving windows were used for resampling of the field data and for analysing spatiotemporal patterns. Reference data from other parts of the grasslands representing fresh animal disturbances were used to identify disturbed areas within the sample transect and to quantify the degree of disturbance. We found that ca. 40% of monitored grassland area was affected by blind mole rats over four years. Blind mole rat induced considerable fine scale dynamics (micro-succession) with characteristic changes in species composition and with slight but significant changes in diversity. Local diversity of plant species decreased after animal disturbance. However, no invasive species or early successional ruderals appeared in disturbed patches and loess grassland vegetation recovered within 3-4 years. The strictly protected loess grassland in Battonya-Tompapuszta is one of the largest ancient loess grasslands remained in Hungary. It was grazed for centuries but has been abandoned in the late 1960. Since then it has been managed by annual mowing. Our results suggest that after cessation of grazing the importance of subterranean rodent's activity increased. We conclude that the presence of the blind mole rat contribute to preserve and maintain plant diversity by increasing the rate of fine-scale natural regeneration dynamics.

Kulcsszavak (keywords): mikrocönológia (microcoenology), löszgyepec (loess steppe meadow), magyar földikutya (Hungarian blind mole rat), Tompapusztai löszgyepec (Tompapuszta loess grassland)

1. Bevezetés

A természetes gyepek szerkezetét, működését és diverzitását szervesen befolyásolják a gyepekben élő állatok kisebb nagyobb bolygatásai (pl. különböző testméretű és változatos aktivitású növényevők vagy a földalatti életmódú kisméretűek tevékenysége), valamint más természetes zavarások (pl. a villámokból eredő természetes tüzesetek) (GIBSON 2009). A természetes gyepek

magas diverzitása szervesen összefügg a természetes zavarások mintázataival (COLLINS – BARBER 1986; COLLINS 1987; BELSKY 1992; NOY-MEIR 1995; SAVADOGO *et al.* 2008). A környezeti fluktuációk és a természetes zavarások alapvetően befolyásolják a gyepek növényfajai együttélési feltételeit. A gyepfajok evolúciójuk során változatos életforma-típusokkal és viselkedési típusokkal alkalmazkodtak a környezeti kihívásokhoz, így a természetes zavarásokhoz is (KNAPP *et al.* 1998; STRAUSS – AGRAWAL 1999; GIBSON 2009).

Az emberi kultúra és tájhasználat lényegesen átalakította, leegyszerűsítette és homogenizálta a gyepeket érő zavarások mintázatát. A természetvédelmi kezelések tervezése során az egyik legfontosabb kihívás, hogy sikerül-e pótolni, esetleg részlegesen újjászervezni az eredeti gyepek fennmaradásához és egészséges működéséhez szükséges környezeti mintázatokat és ezen belül a zavarási mintázatokat (BARTHA 2007a).

A fokozottan védett Tompapusztai löszgyep (Külső-gulya, Kis-gulya) az ország egyik legnagyobb kiterjedésű, ősi, jelentős természetvédelmi értéket képviselő löszpusztaré-állománya (CSATHÓ 1985, 1986, 2005; CSATHÓ – CSATHÓ 2007, 2009; CSATHÓ – JAKAB 2012; HERCZEG *et al.* 2011; KERTÉSZ 1996; MOLNÁR 1997; MOLNÁR *et al.* 2007). A Tompapusztai löszgyep természetközeli állapotban való fennmaradása a tájban elfoglalt különlegesen védett helyzetének és az évszázadokon át feltehetően folyamatos és rendszeres extenzív legeltetésnek köszönhető. A hagyományos legeltetés azonban az 1960-as évek végén megszűnt. Azóta rendszerint évente egyszer kaszálják a gyepeket. Fontos, egyelőre megválaszolatlan kérdés, hogy a gyep használatában bekövetkezett jelentős változás, a legeltetésről a kaszálásra való áttérés milyen ökológiai következményekkel jár, és hosszú távon hogyan befolyásolja az értékes gyepterület fennmaradását.

A Tompapusztai löszgyep egyik érdekes jellegzetessége a magyar földikutya [*Nannospalax (leucodon) hungaricus*] előfordulása (CSATHÓ 1985, 1986, 1996, 2005; NÉMETH *et al.* 2009; BOLDOG 2010; NÉMETH 2011; CSORBA *et al.* 2015). A legelés felhagyása után feltehetően jelentősebbé válhatott a földikutya-bolygatások mint a növényzetet érő természetes zavarás szerepe. Kutatásunk célja a földikutya jelenlétének a növényfajok együttélési mintázataira és a növényzet diverzitására gyakorolt hatásának vizsgálata volt. Munkánk során az alábbi kérdésekre kerestünk választ:

1. Hogyan, milyen növényzeti változók segítségével mérhető, illetve hogyan monitorozható a földikutya-túrások, -bolygatások hatása a növényzetben?
2. Mekkora területre terjed ki ez a hatás és hogyan változik?
3. Milyen mikroszukcessziós folyamatok detektálhatók, és általában a földikutya aktivitása hogyan befolyásolja a gyep mikroszukcessziós, regenerációs dinamikáját?
4. Milyen hatással van a földikutya aktivitása a gyep diverzitására és annak dinamikájára?

2. Anyag és módszerek

2.1. A vizsgált terület

A vizsgálat helyszíne a Tompapusztai löszgyep volt Battonyán (46°21'N, 20°58'E). A 20,9 ha-os terület 10,6°C-os évi átlaghőmérséklettel, 600 mm évi átlagos csapadékmennyiséggel, valamint a napsütéses órák magas számával (2000 óra/év) jellemezhető. Jellemző talajtípusa a csernozjom (BARCZI *et al.* 2011). A területet évszázadokon keresztül, egészen az 1960-as évek végéig legelőként hasznosították. Azóta évente egyszer kaszálják a gyepeket (CSATHÓ – CSATHÓ 2009; ZIMMERMANN *et al.* 2014, SZABÓ *et al.* 2014). A Tompapusztai löszgyepet 1989-ben nyilvánították védetté, majd 1997-ben fokozottan védett státuszt kapott. A terület a Körös-Maros Nemzeti Park része.

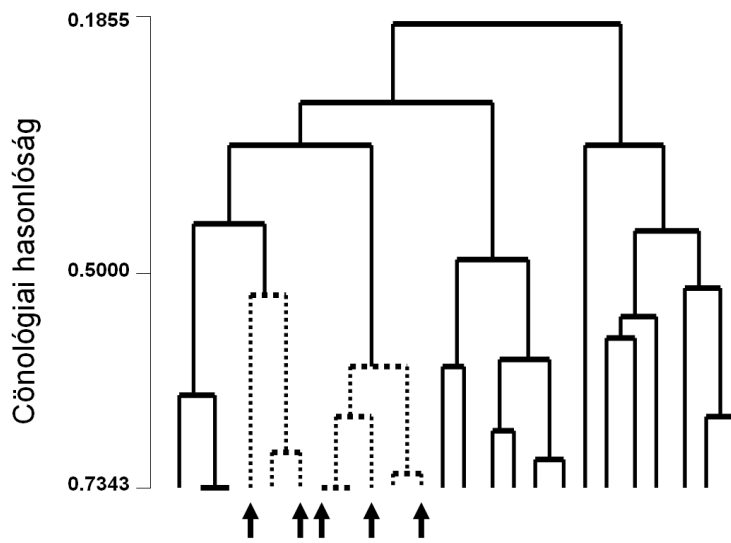
2.2. Referenciaadatok a bolygatott gyepek jellemzésére

50×50 cm-es kvadrátokban becsültük a növényfajok borítását. 12 db kvadrát készült a földikutyák túsáin, 12 db pedig a kontrollterületen, ahol nem található túsák. Az adatokat klaszteranalízissel (legtávolabbiszomszéd-módszer és Bray–Curtis-index) csoportokra bontottuk és a földikutyta által bolygatott növényzet jellemzésére kiválasztottunk öt referenciakvadrátot (1. ábra, 1. táblázat). Az analízis a SYNTAX 5.0 (PODANI 1993) segítségével történt. Később a referenciaadatok és a monitorozás során kapott adatok hasonlósága alapján becsültük meg a monitorozott növényzet bolygatottságának a mértékét. Ha a monitorozásból származó adat és a referenciaadat közötti hasonlóság meghaladt egy küszöbértéket, akkor a monitorozott állományrészlet bolygatott növényzetűnek tekinthető. Küszöbértéknek (azaz a bolygatott csoporthoz való tartozás kritériumának) a referenciaadatok közötti legkisebb hasonlóságot tekintettük. Ez esetünkben 50,6%-os hasonlóság volt (1. ábra).

2.3. Mikrocönológiai transzszekt mintavétel és mozgóablakos vizsgálatok

A gyepek állapotának monitorozására mikrocönológiai transzszekt mintavételt alkalmaztunk (BARTHA – HORVÁTH 1987; VIRÁGH *et al.* 2006; BARTHA 2007b, 2008; BARTHA *et al.* 2011a). A standard mintavétel 5×5 cm-es érintkező mikrokvadrátokból álló, 52 m hosszú, önmagukba záródó, téglalap alakú (20×6 m) transzszekt segítségével történt. A transzszekt felvételezése az egymás utáni években nagy pontossággal megismételhető (a téglalap sarkait szögekkel és térképészeti jelekkel is állandósítottuk.) Az egyes mikrokvadrátoknál feljegyeztük az azokban gyökerező növényfajokat. A mintavétel 2011 és 2014 között évente egy-egy alkalommal május közepén történt. Az alapadatokat mozgóablakos módszerrel vizsgáltuk tovább (KÖRMÖCZI – BALOGH 1990; BARTHA *et al.* 2011b). A mozgóablakos vizsgálat során a transzszekt elején kijelöltünk egy 5 m hosszú részt, és abban meghatároztuk a fajok abundanciáját (ami itt megfelel a faj előfordulási számának 100 db 5×5 cm-es mikrokvadrátban). Ezután a kijelölt 5 m-es részt (ablakot) 1 m-rel elcsúsztattuk és az újabb mintavételi ablakban a fajok gyakoriságát újra meghatároztuk. Az 1 m-rel való elcsúsztatást ismételve összesen 52 db transzszekten belüli részmintát keletkezett, ami nagy felbontással jellemzi a növényzet állományon belüli változatosságát és a mintázatok évek közötti változásait is (KÖRMÖCZI – BALOGH 1990; BARTHA *et al.* 2011a, 2011b).

Az így nyert adatokból minden mozgóablakban meghatároztuk a Simpson diverzitást (TÓTHMÉRÉSZ 1997), és kiszámoltuk az adott ablak és a referenciaadatok közötti cönológiai hasonlóságot a Bray–Curtis-index alapján. A kapott diverzitás és cönológiai hasonlóság (mint bolygatottsági érték) között az R statisztikai környezetben (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2014) rangkorrelációt számoltunk (Spearman rho).



1. ábra. A referenciaadatok klaszter analízisének eredményei. A pontozott vonalak a földikutya által frissen bolygatott mintákat jelzik, a nyilak pedig az ezekből választott referenciaadatokat.

Figure 1. Selecting reference data for representing disturbed vegetation (marked by arrows) based on cluster analysis.

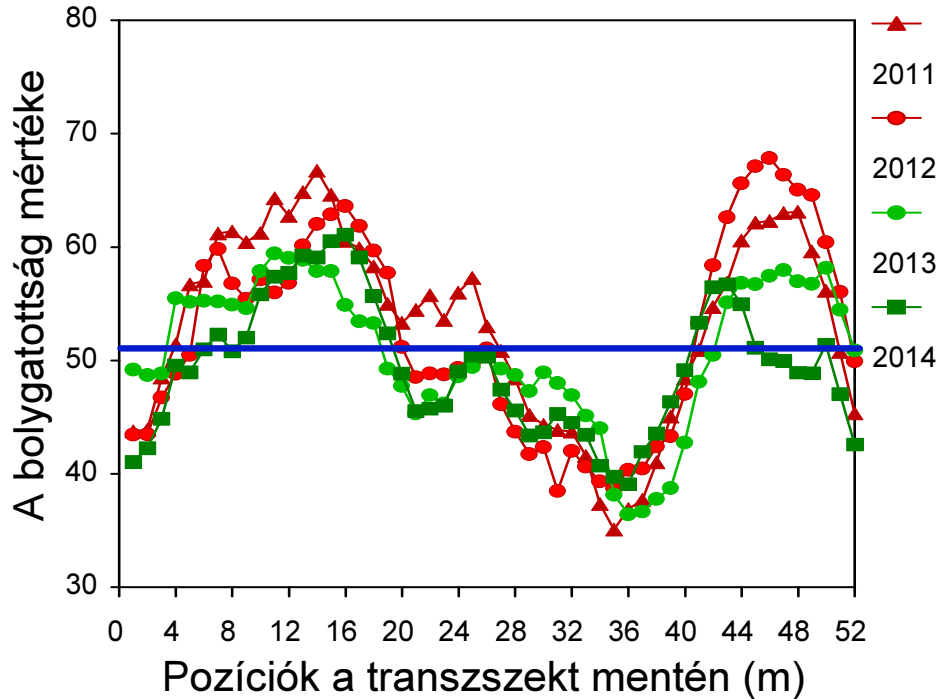
1. táblázat. A fajok borításértékei a magyar földikutya által bolygatott és a vizsgálatunkban referenciául szolgáló növényzeti mintákban (5 db 50×50 cm-es kvadrát).

Table 1. Species abundances (cover values) in reference data for representing loess grassland vegetation type disturbed by Hungarian blind mole rat (50×50 cm quadrats, n=5).

Fajok	borítások				
<i>Teucrium chamaedrys</i>	49	88	79	51	70
<i>Galium verum</i>	35	45	30	25	24
<i>Poa angustifolia</i>	0	26	35	6	52
<i>Carex praecox</i>	16	19	48	19	8
<i>Festuca cf. valesiaca</i>	14	29	20	24	23
<i>Alopecurus pratensis</i>	27	5	0	15	0
<i>Astragalus cicer</i>	23	0	0	19	0
<i>Bothryochloa ischaemum</i>	0	0	0	0	4
<i>Cerastium tenoreanum</i>	0	2	4	2	0
<i>Chenopodium album</i>	0	0	0	0	1
<i>Convolvulus arvensis</i>	0	1	0	3	0
<i>Securigera varia</i>	0	0	0	0	2
<i>Elymus hispidus</i>	1	22	2	3	7
<i>Euphorbia cyparissias</i>	1	0	0	0	0
<i>Festuca cf. rupicola</i>	0	0	2	0	8
<i>Fragaria viridis</i>	1	0	5	2	4
<i>Fumaria schleicheri</i>	0	0	0	1	0
<i>Genista tinctoria</i>	0	0	1	1	6
<i>Knautia arvensis</i>	0	1	0	0	0
<i>Lathyrus tuberosus</i>	2	0	0	0	0
<i>Myosotis ramosissima</i>	0	0	4	1	0
<i>Ornithogalum pyramidale</i>	0	0	1	2	4
<i>Plantago media</i>	0	0	0	0	1
<i>Salvia nemorosa</i>	0	0	2	0	0
<i>Stellaria graminea</i>	1	0	3	22	2
<i>Thalictrum minus</i>	0	8	0	0	0
<i>Veronica arvensis</i>	0	12	4	5	0
<i>Verbascum phoeniceum</i>	0	1	0	0	0
<i>Vicia angustifolia</i>	1	1	0	1	0

3. Eredmények

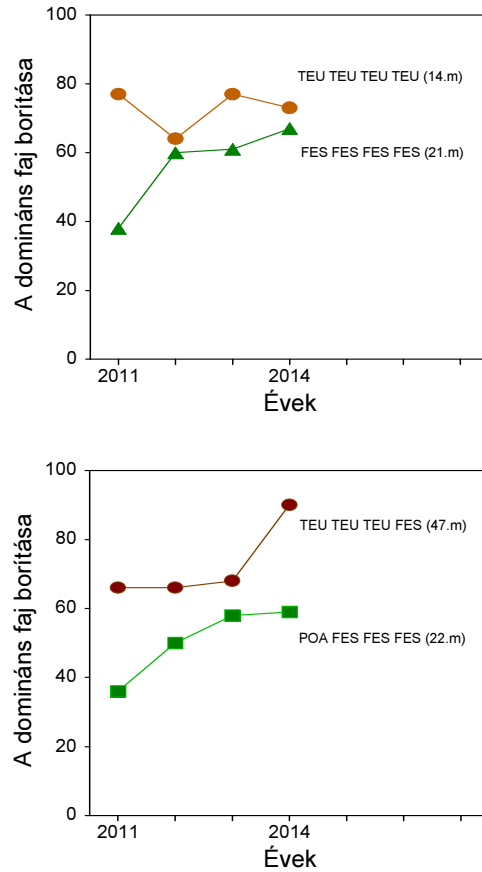
A referenciául választott frissen bolygatott területekről származó adatokban jellemző volt a *Teucrium chamaedrys* dominanciája és a *Galium verum* magas értéke (1. táblázat). Más gyeprészletekkel összevetve még a *Poa angustifolia*, *Elymus repens*, *Astragalus cicer*, *Stellaria graminea* és a *Veronica arvensis* szerepelt az átlagosnál nagyobb borítással egyes referenciakvadrátokban. A referenciakvadrátok átlagos ökológiai hasonlósága a Bray–Curtis-féle százalékos hasonlósági index szerint 67% volt, a legnagyobb hasonlósági érték 73%, a legkisebb 50,6%. Ezek közül a legkisebb értéket választottuk a bolygatott gyephez tartozás kritériumának. A monitorozott transzszektben a bolygatott gyephez való hasonlóság értékei 35% és 76% között ingadoztak.



2. ábra. A földikutya-bolygatás növényzetre gyakorolt hatásának tér-idő mintázata a vizsgált időszakban. A bolygatottság mértékét friss túsókot reprezentáló referenciaadatokkal való ökológiai hasonlóság (Bray–Curtis-index) segítségével számszerűsítettük. A vízszintes kék vonal felett húzódó görbék jelzik az erősen bolygatott növényzetű foltokat.

Figure 2. Fine-scale spatiotemporal patterns of blind mole rat disturbances along the sample transect. Degree of disturbances (Y axis) quantified by the coenological similarity (Bray–Curtis index) to reference data. Data above the blue line indicate disturbed vegetation patches.

A bolygatottnak tekinthető gyeprészletek térben két nagy 10-15 m széles foltba rendeződtek, amelyek térbeli helyzete (a belső dinamika ellenére) a vizsgálat négy éve alatt nem változott lényegesen (2. ábra). Az 52 m hosszú mintavételi transzszekt mentén a bolygatottnak tekinthető gyeprészlet kiterjedése az egyes években 67,3 és 36,5% között ingadozott és enyhén csökkenő trendet mutatott.



3. ábra. Mikroszukcessziós folyamatok a Tompapusztai löszgyepben. Az ábra a négy legtipikusabb (az összes megfigyelt átalakulás 83%-át lefedő) átalakulásra mutat példát. (A cönológiai állapotokat a domináns fajok nevével jeleztük: TEU *Teucrium chamaedrys*, FES *Festuca cf. valesiaca*, POA *Poa angustifolia*).

Figure 3. Typical micro-successional trajectories noted by the transformations of dominant species (*TEU Teucrium chamaedrys*, *FES Festuca cf. valesiaca*, *POA Poa angustifolia*). These four trajectories represent the 83% of fine-scale vegetation changes recorded along the monitored transect in the study period.

A lokálisan (azaz az adott pozíciójú 5 m hosszú mintavételi ablakokban) megfigyelhető mikroszukcessziós változások négy fő típusba sorolhatók (3. ábra):

1. A vizsgálat ideje alatt folyamatosan, erősen bolygatott gyeprészet (a monitorozott transzszekt 15%-a).

Ez a gyeprészet a transzszekt 4. méterénél kezdődött és a 19. méterig tartott. Itt a Bray–Curtis-féle hasonlósági érték 50,6% és 67 % között szabálytalanul ingadozott, és a négy év során végig a *Teucrium chamaedrys* dominált.

2. Kezdetben erősen bolygatott majd gyorsan regenerálódó gyeprészet (a monitorozott transzszekt 27%-a).

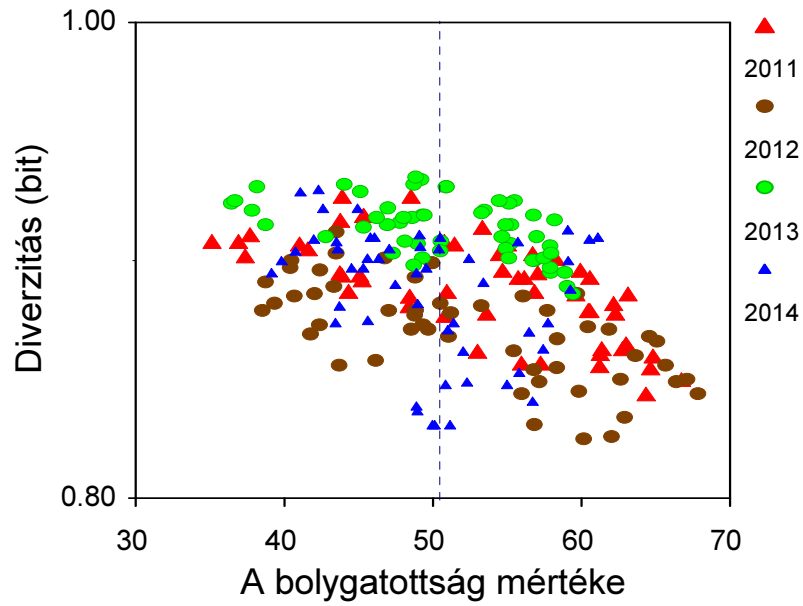
Ez a gyeprészet a transzszekt 41. méterénél kezdődött és a 49. méterig tartott. Itt a Bray–Curtis-féle hasonlósági érték 68% és 49% között változott. Kezdetben (a vizsgálat első három évében) a *Teucrium chamaedrys* dominált, amit a negyedik évben a *Festuca valesiaca* váltott fel.

3. Valószínűleg korábban bolygatott, mára a regeneráció előrehaladottabb szakaszában lévő gyeprészet (a monitorozott transzszekt 17%-a).

Az erre a típusra legjellemzőbb gyeprészet a transzszekt 19. méterénél kezdődött és a 27. méterig tartott. Itt a Bray–Curtis-féle hasonlósági érték csökkenő trendet mutatott (55%-ról és 44%-ra). Kezdetben (a vizsgálat első évében) a *Poa angustifolia* dominált, a második évtől pedig a *Festuca valesiaca*.

4. A vizsgálat ideje alatt nem bolygatott gyeprészet (a monitorozott transzszekt 41%-a).

Ebben a gyeprészetben a Bray–Curtis-féle hasonlósági érték soha nem érte el az 50%-ot (a jellemző hasonlósági érték 40% körül ingadozott). A gyeprészetben belül mikroszukcessziós trendek nem mutathatók ki, de fluktuációk igen. A gyeprészet jelentős részében folyamatosan a *Festuca valesiaca* volt a domináns faj (23%). Máshol időlegesen (egyetlen évre) más fajok vehetik át a vezető szerepet (*Carex praecox*, *Galium verum*, *Poa angustifolia*, 18%).



4. ábra. A növényzeti foltok diverzitása (Simpson-index) a bolygatottság függvényében (a mozgó ablakos módszerrel nyert mintából).

Figure 4. Relationships between local diversity (Simpson index) and local disturbance (in 5 m long shift mowing windows).

2. táblázat. A bolygatottság mértékének (a teljes monitorozott terület %-ban megadva) és a diverzitás és a bolygatottság közötti korrelációnak a változásai a vizsgált időszakban.

Table 2. Percentage of the total sampled area influenced by blind mole rat disturbances and Spearman rank correlation between local Simpson diversity and local disturbance in the study period.

Évek	2011	2012	2013	2014
Bolygatottság mértéke %	67,3	53,8	51,9	36,5
Diverzitás - Bolygatottság Korrelációs koefficiens (rho)	-0,696	-0,684	-0,544	-0,323
p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0196

A transzszektből vett mintát vizsgálva negatív összefüggést találtunk a növényzet diverzitása és a gyeperőssége között (4. ábra). A korreláció minden évben szignifikáns volt, de erőssége csökkenő trendet mutatott (2. táblázat). A 4. ábrán megfigyelhető, hogy a diverzitással mutatott negatív összefüggés a bolygatás mértékétől választott Bray–Curtis-féle hasonlósági érték 50%-a fölött érvényesül, abban a tartományban, amit a klaszteranalízis segítségével mint kritikus értékként elfogadtunk.

4. Értékelés

4.1. A földikutya bolygatások hatásának változatossága

A földikutya, sok más földalatti életmódot folytató rágesáló fajhoz hasonlóan, az ún. ökoszisztémamérnök-fajok közé sorolható (HUNTLY – INOUE 1988; REICHMAN – SEABLOOM 2002; ZHANG *et al.* 2003; HAGENAH – BENNETT 2013). Az ökoszisztémamérnök-fajok jellegzetessége, hogy életmódjukkal összefüggésben jelentősen átalakítják környezetük biotikus és abiotikus tulajdonságait, és új élőhelyeket is létrehozhatnak (JONES *et al.* 1994). Sajnos kevés konkrét adat látott napvilágot arra vonatkozóan, hogy egy adott esetben mekkora területre terjed ki az ökoszisztémamérnök-faj átalakító hatása. SZABÓ és ZIMMERMANN (2014) részletesen szemlélte az ökoszisztémamérnök-fajokra vonatkozó nemzetközi szakirodalmat. Munkájukban egyetlen publikációt említenek (REICHMAN – JARVISH 1989), amelyben egy afrikai kisemlős faj túsarai a vizsgált terület 30%-át érintették. Vizsgálatunkban, a Tompapusztai löszgyep esetében, a monitorozott gyepészlethez vonatkozóan ez a becsült érték 42% volt, ami igen jelentősnek mondható. Ezen belül, a megfigyelt négy év viszonylatában a vizsgált gyepészlet 15%-a folyamatosan bolygatottnak tekinthető, míg 27% esetében a kezdetben erősen bolygatott gyep a vizsgálat végére regenerálódott. A mintavétel során használt 52 m hosszú transzszekt a növényzet tanulmányozására lett kialakítva, ezért a talált értékek a bolygatási rezsím szempontjából nem feltétlenül reprezentálják a gyep egészét. Egy hasonló vizsgálatban BARTHA (2001) 120 m hosszú transzszektet mentén becsülte egy amerikai kisemlős faj növényzetre gyakorolt hatását. A pontosabb becslés érdekében szükséges lenne egy teljeskörű, a battonya-tompapusztai gyep egészére kiterjedő felmérésre. Megjegyezzük, hogy a friss, illetve a még felismerhető földikutya-túsarók számának, kiterjedésének becslése nem helyettesíti a növényzet bolygatottságának közvetlen becslését, mert az előbbi alábecsüli a növényzetre gyakorolt hatást. Vizsgálatunk során feljegyeztük a transzszekt mentén talált friss túsarók kiterjedését is, ami 3% és 7% között ingadozott, tehát a botanikai referencia alapján becsült értékeknél jelentősen kisebbnek adódott.

Az általunk észlelt bolygatott területek foltokban jelentkeztek, és a foltok helyzete időben keveset változott. Izgalmas kérdés, hogy hosszabb távon milyen a földikutya-aktivitás tér-idő mintázata, mennyire állandóak, és milyen mértékben szövik be a területet a földalatti járatok, és vannak-e növényzeti foltok, amelyeket elkerül bolygatás.

4.2. A földikutya-bolygatások hatása a gyep mikroszukcessziós folyamataira

Számos esettanulmány bizonyította, hogy fajgazdag, jól szervezett természetes gyepársulásokban, amennyiben nem történik lényeges változás a környezeti paraméterekben, a fajösszetétel és a fajok gyakorisága hosszabb, 10-15 éves időtávon nézve stabil, állandó (VIRÁGH 2000, 2002; BARTHA 2007a). Részletesebb vizsgálatok azt is megmutatták, hogy a durva felbontásnál (pl. 10×10 m-en) észlelt állományszintű állandóságon belül, finom térléptékben (pl. 5×5 cm-en észlelve) igen jelentős a fajok cserélődése, dinamikája (HERBEN *et al.* 1993). A finom

térléptékű fajcserék sokfélesége, sebességei, irányai meghatározzák a gyep egészének a környezeti fluktuációkra, zavarásokra adott válaszait, adaptációs képességét. Természetes körülmények között sokféle állatfaj, egyszerre sokféle léptékben fogyasztja, bolygatja a gyepet, és aktivitásukkal fenntartják a növényzet megújulását és diverzitását biztosító mikroszukcessziós folyamatokat. A legelés felhagyása rendszerint elszegényedéssel és a mikroszukcessziós dinamikák egyszerűsödésével, szinkronizálódásával jár (pl. az avar felhalmozódásával és a domináns fűfaj felszaporodásával). Az általunk megfigyelt mikroszukcessziós utak egyértelműen jelzik a földikutya-bolygatás kiemelkedő fontosságát a Tompapusztai löszgyep esetében. A legeltetés felhagyása ellenére nem észlelhető a mikroszukcessziós utak sokféleségének a csökkenése. Úgy tűnik, hogy a jelentős területre kiterjedő földikutya-bolygatás (az általunk vizsgált állományfoltban legalábbis) hatékonyan mozgásban tartja a mikroszukcessziós folyamatokat, biztosítva a gyep folyamatos megújulását. A mozgóablakos vizsgálat során alkalmazott 5 m-es skála kissé leegyszerűsítve mutatja ezt a dinamikát. Elemzéseinket emiatt többféle (1 m-es, 2 m-es és 3 m-es) ablakméretet alkalmazva is elvégeztük. A bolygatási mintázat jellege, a bolygatott foltok helye, és a bolygatottság mértéke a vizsgálati skála változtatása ellenére hasonló maradt. Ezért ebben a közleményben csak az 5 m-es ablakméretet tárgyaltuk. Megjegyzendő azonban, hogy a kisebb ablakméret, azaz nagyobb felbontás mellett az itt tárgyalt mikroszukcessziós utak további részletekkel gazdagodnának.

4.3. A földikutya-bolygatások és a gyep diverzitásának összefüggése

Az ökoszisztémamérnök állatfajoknak a növényzet diverzitására gyakorolt hatásáról megoszlik a kutatók véleménye (SZABÓ – ZIMMERMANN 2014). Egyes tanulmányok szerint a diverzitás növekedett a kisméretű fajok bolygatásai hatására (WILLIEMS *et al.* 1986; BARTHA 2001; SHERROD *et al.* 2005; CASE *et al.* 2013). Más kutatók nem tapasztaltak összefüggést (CAMERON 2000, ROGERS *et al.* 2001) vagy pedig negatív hatásról számoltak be (HAGENAH – BENNET 2013). A Tompapusztai löszgyepben korábban kvadrát módszerrel történt vizsgálatokban mi sem tapasztaltunk összefüggést a diverzitás és a bolygatás között (SZABÓ *et al.* 2014, ZIMMERMANN *et al.* 2014). A transzszektből vett minták alapján ebben a vizsgálatban negatív összefüggést találtunk a növényzet diverzitása és a gyep bolygatottsága között. A monitorozás során a negatív korreláció minden évben szignifikáns volt, de erőssége csökkenő trendet mutatott (párhuzamosan azzal, hogy a vizsgálat ideje alatt a bolygatottság mértéke is csökkent). Megjegyzendő, hogy a diverzitás-csökkenés csak az erősen és frissen bolygatott (vagy folyamatosan bolygatott) foltok esetében figyelhető meg. Mint említettük a gyepregeneráció gyors és a diverzitás hamar, 3-4 év alatt helyreáll. A szignifikáns negatív összefüggés ellenére a bolygatott és nem bolygatott növényzeti foltok diverzitása abszolút értékben alig különbözött. A területen folyó botanikai monitorozás eredményei szerint a gyep diverzitása az egyes évek között is különbözik az időjárási körülmények hatására. Az időjárás okozta fluktuációk és a földikutya hatására bekövetkező diverzitásváltozás nagyságrendje hasonló. A növényzet diverzitása és a gyep bolygatottsága között talált negatív összefüggés félrevezető lehet, mivel ebből a vizsgálatból hiányzik az a referencia, ami a tartósan felhagyott és tartósan bolygatásmentes gyep diverzitás csökkenését reprezentálná.

A jelenleg tapasztalható szocioökonómiai változások komoly fenyegetést jelentenek a fajgazdag és természetvédelmi szempontból jelentős európai gyepek jövőbeni sorsára (KUN 1998; BARTHA 2007a; JANIŠOVÁ *et al.* 2011; HABEL *et al.* 2013). Megfigyeléseink szerint a Tompapusztai löszgyep esetében a terület évi egyszeri kaszálása nem elegendő a növényzet diverzitásának fenntartásához. A területen folyó botanikai monitorozás itt bemutatott eredményei azt mutatják, hogy a kaszálás mellett a földikutyák bolygatásai is jelentősen hozzájárulnak a gyep természetes

regenerációs dinamikájának fennmaradásához, és az értékes gypállomány cönológiai állapotának a megőrzéséhez.

5. Összefoglalás

Finom térbeli felbontásnál megfigyelhető tér-idő mintázatokat vizsgáltunk a fokozottan védett Tompapusztai löszgyepen. A Tompapusztai löszgyep jellegzetessége a magyar földikutya jelenléte. Munkánk során a földikutya által a növényzetben okozott változások mértékét, térbeli kiterjedését és időbeli változásait vizsgáltuk, a bolygatásnak a növényzet összetételére és diverzitására gyakorolt hatásain keresztül. A felvételezés során növényfajok jelenlétét rögzítettük mikrokvadrátokban. A részletes mintavétel, négy éven keresztül, 52 m hosszú, 20×6 m-es téglalap alakban monitorozási célra állandósított, önmagába záródó transzszektek mentén történt, amelyek 5×5 cm-es mikrokvadrátok összefüggő sorozatából álltak (1040 db). A transzszekten belüli változatosságot mozgó ablakos módszerrel vizsgáltuk. A bolygatottság mértékét friss túrásokról gyűjtött referenciaadatok segítségével határoztuk meg. Eredményeink szerint a földikutya bolygatása a monitorozott gyprészet 40%-ában volt kimutatható. A frissen bolygatott növényzeti foltok diverzitása kissé csökkent, és kompozíciójuk is megváltozott. Az erősen bolygatott foltok mérete kicsi, bennünk idegenhonos özönfajt vagy ruderális fajokat nem találtunk. A földikutya bolygatásai a növényzetben mikroszukcessziós folyamatokat indukálnak. A bolygatott növényzetű foltok gyorsan, becslésünk szerint 3-4 év alatt regenerálódnak. A fokozottan védett Tompapusztai löszgyep az ország egyik legnagyobb kiterjedésű, jelentős természetvédelmi értéket képviselő ősi löszpusztaré-állománya. Fontos kérdés, hogy a hagyományos legeltetéssel történő hasznosítás felhagyása után a jelenlegi évi egyszeri kaszálás hosszú távon elegendő lesz-e a gyp természetvédelmi értékeinek a megőrzéséhez. Vizsgálatunkkal kimutattuk, hogy a földikutyák bolygatásai jelentősen hozzájárulnak a gyp természetes regenerációs dinamikájának a fennmaradásához, ezáltal az értékes gypállomány megőrzéséhez, diverzitásának fenntartásához.

6. Köszönetnyilvánítás

Munkánk az OTKA K 105608 projekt keretében készült. A terepi felvételezésben Selmeczi Marianna, Házi Judit, Komoly Cecília, Kun Róbert, Sutyinszki Zsuzsanna, Tsvetelina Terziiska és Csathó András János volt a segítségünkre. Köszönet illeti Sallainé Kapocsi Juditot (KMNPI) és a Körös–Maros Nemzeti Park Igazgatóságot munkánk támogatásáért.

7. Irodalom

- BARCZI A. – SCHELLENBERGER J. – JURÁK P. – HEGYI T. – PENKSZA K. (2011): Talajtréképezés a Tompapusztai löszgyepen. – *Crisicum* 7: 111–129.
- BARTHA S. (2001): Spatial relationships between plant litter, gopher disturbance and vegetation at different stages of old-field succession. – *Applied Vegetation Science* 4: 53–62.
- BARTHA S. (2007a): Kompozíció, differenciálódás és dinamika az erdőssztep biom gypjeiben. – In: ILLYÉS E. – BÖLÖNI J. (szerk.): *Lejtőssztyeppek, löszgyeppek és erdőssztyepprétek Magyarországon*. Budapest. pp.: 72–103.

- BARTHA S. (2007b): A vegetáció leírásának módszertani alapjai. – In: HORVÁTH A. – SZITÁR K. (szerk.): *Agrártájékok monitorozása. A hatás-monitorozás elméleti alapjai és gyakorlati lehetőségei*. MTA ÖBKI, Vácrátót. pp.: 92–113.
- BARTHA S. (2008): Mikrocönológiai módszerek a táji vegetáció állapotának vizsgálatára. – *Tájökológiai Lapok* 6 (3): 229–245.
- BARTHA S. – HORVÁTH F. (1987): Application of long transects and information theoretical functions to pattern detection. I. Transects versus isodiametric sampling units. – *Abstracta Botanica* 11: 9–26.
- BARTHA S. – CSATHÓ I. A. – VIRÁGH K. – SZENTES SZ. – CSATHÓ A. J. – SUTYINSZKI Zs. – HORVÁTH A. – RUPRECHT E. (2011a): A Tompapusztai löszgyep mikrocönológiai értékelése I. Florális diverzitás és koordináltság. – *Crisicum* 7: 45–55.
- BARTHA S. – ZIMMERMANN Z. – HORVÁTH A. – SZENTES SZ. – SUTYINSZKI Zs. – SZABÓ G. – HÁZI J. – KOMOLY C. – PENKSZA K. (2011b): High resolution vegetation assessment with beta-diversity – a moving window approach. – *Agrárinformatika* 2: 1–9.
- BELSKY A. J. (1992): Effects of grazing, competition, disturbance and fire on species composition and diversity in grassland communities. – *Journal of Vegetation Science* 3 (2) 187–200.
- BOLDOG G. (2010): Talajlakó emlősök túrásmorfológiai vizsgálata, különös tekintettel a nyugati földikutya (*Spalax leucodon*) természetvédelmi monitorozására. – *Crisicum* 6: 199–211.
- CASE M. F. – HALPERN C. B. – LEVIN S. A. (2013): Contributions of gopher mound and casting disturbances to plant community structure in a Cascade Range meadow complex. – *Botany* 91 (8): 555–561.
- COLLINS S. L. (1987): Interaction of disturbances in tallgrass prairie: a field experiment. *Ecology* 68 (5): 1243–1250.
- COLLINS S. L. – BARBER S. C. (1986): Effects of disturbance on diversity in mixed-grass prairie. – *Vegetatio* 64 (2–3): 87–94.
- CSATHÓ A. I. – JAKAB G. (2012): Löszgyepek növényvilága. – In: JAKAB G. (szerk.): *A Körös-Maros Nemzeti Park növényvilága. A Körös-Maros Nemzeti Park természeti értékei I. Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság, Szarvas*. pp.: 286–299.
- CSATHÓ A. [J.] (1985): Sziget a szárazföldön. – *BÚVÁR* 40 (7): 334.
- CSATHÓ A. [J.] (1986): A battonya-kistompapusztai löszrét növényvilága. *Környezet- és Természetvédelmi Évkönyv* 7: 103–115.
- CSATHÓ A. [J.] (1996): A földikutya (*Spalax leucodon*) dél-kelet Magyarországon. – *A Kiss Ferenc Csongrád Megyei Természetvédelmi Egyesület Évkönyve* 2: 127–128.
- CSATHÓ A. J. (2005): *A Battonya-tompapusztai löszpusztarét élővilága*. – Magánkiadás, Battonya. 128 pp.
- CSATHÓ A. J. – CSATHÓ A. I. (2007): A battonyai Tompapusztai-löszpusztarét. – In: DEÁK J. Á. – CSATHÓ A. I. – GREZNER N. – HORVÁTH D. – PÁNDI I. – SZABÓ-SZÖLLŐSI T. – TÓTH T. (szerk.): *VIII. MÉTA-túra. – 2007. április 25-29. Kézirat, Vácrátót*. pp. 277–282.
- CSATHÓ A. J. – CSATHÓ A. I. (2009): A battonya-tompapusztai Külső-gulya flóralistája. – *Crisicum* 5: 51–70.
- CSORBA G. – KRIVEK G. – SENDULA T. – HOMONNAY Z. G. – HEGYELI Zs. – SUGÁR Sz. – FARKAS J. – STOJNIC N. – NÉMETH A. (2015): How can scientific researches change conservation priorities? A review of decade-long research on blind mole-rats (Rodentia: Spalacinae) in the Carpathian Basin. – *Therya* 6 (1): 103–121.
- GIBSON D. J. (2009): *Grasses and Grassland Ecology*. – Oxford University Press, Oxford, UK.
- HABEL J. C. – DENGLER J. – JANIŠOVÁ M. – TÖRÖK P. – WELLSTEIN C. – WIEZIK M. (2013): European grassland ecosystems: threatened hotspots of biodiversity. – *Biodiversity and Conservation* 22 (10): 1–8.

- HAGENAH N. – BENNETT N. C. (2013): Mole rats act as ecosystem engineers within a biodiversity hotspot, the Cape Fynbos. – *Journal of Zoology* 289 (1): 19–26.
- HERBEN T. – KRAHULEC F. – HADINCOVÁ F. – KOVÁROVÁ M. (1993): Small-scale variability as a mechanism for large-scale stability in mountain grasslands. – *Journal of Vegetation Science* 4: 163–170.
- HERCZEG E. – BARÁTH N. – WICHMANN B. (2011): Morfotaxonómiai és cönológiai adatok a Tompapusztai löszgyep *Festuca* taxonjaihoz. – *Crisicum* 7: 77–90.
- HUNTLY N. – INOUE R. (1988): Pocket gophers in ecosystems: patterns and mechanisms. – *BioScience* 38 (11): 786–793.
- JANIŠOVÁ M. – BARTHA S. – KIEHL K. – DENGLER J. (2011): Advances in the conservation of dry grasslands: Introduction to contributions from the seventh European Dry Grassland Meeting. – *Plant Biosystems* 145 (3): 507–513.
- JONES C. G. – LAWTON J. H. – SHACHAK M. (1994): Organisms as ecosystem engineers. – *Oikos*, 69:373–386.
- KERTÉSZ É. (1996): *Reliktum löszgyeppek a Dél-Tiszántúlon (Adatok és megfigyelések 1984–1992)*. – Kézirat, Békéscsaba. 14 pp.
- KNAPP A. K. – BRIGGS J. M. – HARTNETT D. C. – COLLINS S. L. (1998): *Grassland dynamics: long-term ecological research in tallgrass prairie*. – Oxford University Press, New York.
- KÖRMÖCZI L. – BALOGH A. (1990): The analysis of pattern change in a Hungarian sandy grassland. – In: KRAHULEC F. – AGNEW ADQ. – AGNEW S. – WILLEMS JH. (szerk.): *Spatial processes in plant communities*. – Academia, Praha. pp.: 49–58.
- KUN A. (1998): Száraz gyepök Magyarországon. – In: KISZEL V. (szerk.): *Természetvédelem területhasználók számára*. – Göncöl Alapítvány, Vác. pp.: 65–90.
- MOLNÁR Zs. (1997): *Az alföldi, elsősorban a dél-tiszántúli löszpusztagyepök botanikai jellemzése*. 2.0 változat, kézirat. MTA ÖBKI, Vácrátót.
- MOLNÁR Zs. – CSATHÓ A. I. – ILLYÉS E. (2007): Tiszántúl. – In: ILLYÉS E. – BÖLÖNI J. (szerk.): *Lejtősztyepek, löszgyepök és erdőssztyeprétek Magyarországon*. – Budapest. pp.: 125–128.
- NÉMETH A. (2011): *A kárpát-medencei földikutyák (Rodentia: Spalacinae) rendszertana, elterjedése és természetvédelmi helyzete*. – PhD tézis, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest. 136 pp.
- NÉMETH A. – RÉVAY T. – FARKAS J. – CZABÁN D. – RÓZSÁS A. – CSORBA G. (2009): Chromosomal forms and risk assessment of *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) (Mammalia: Rodentia) in the Carpathian Basin. – *Folia Zoologica* 58 (3): 349–361.
- NOY-MEIR I. (1995): Interactive effects of fire and grazing on structure and diversity of Mediterranean grasslands. – *Journal of Vegetation Science* 6 (5): 701–710.
- PODANI J. (1993): *SYN-TAXpc. Version 5.0. User's guide*. – Scientia Publishing, Budapest.
- R CORE TEAM (2014): R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- REICHMAN O. J. – JARVIS J. U. M. (1989): The influence of three sympatric species of fossorial mole-rats (*Bathyergidae*) on vegetation. – *Journal of Mammalogy* 70 (4): 763–771.
- REICHMAN O. J. – SEABLOOM E. W. (2002): The role of pocket gophers as subterranean ecosystem engineers. – *Trends in Ecology & Evolution* 17 (1): 44–49.
- ROGERS W. E. – HARTNETT D. C. – ELDER B. (2001): Effects of plains pocket gopher (*Geomys bursarius*) disturbances on tallgrass-prairie plant community structure. – *The American Midland Naturalist* 145 (2): 344–357.
- SAVADOGO P. – TIVEAU D. – SAWADOGO L. – TIGABU M. (2008): Herbaceous species responses to long-term effects of prescribed fire, grazing and selective tree cutting in the savanna-

- woodlands of West Africa. – *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 10 (3): 179–195.
- SHERROD S. K. – SEASTEDT T. R. – WALKER M. D. (2005): Northern pocket gopher (*Thomomys talpoides*) control of alpine plant community structure. – *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 37 (4): 585–590.
- STRAUSS S. Y. – AGRAWAL A. A. (1999): The ecology and evolution of plant tolerance to herbivory. – *Trends in Ecology & Evolution* 14 (5): 179–185.
- SZABÓ G. – ZIMMERMANN Z. (2014): Földalatti ökoszisztéma-mérnök fajok szerepe a gyepék fenntartásában. – *Gyepgazdálkodási Közlemények* 2012 (1–2): 49–57.
- SZABÓ G. – ZIMMERMANN Z. – CSATHÓ A. I. – SZENTES SZ. – VIRÁGH K. – BARTHA S. (2014): A magyar földikutya [*Nannospalax (leucodon) hungaricus*] jelenlétének hatása a KMNP Tompapusztai löszgyep (Külső-gulya) finomléptékű szerkezetére. – *Crisicum* 8: 169–177.
- VIRÁGH K. (2000): Vegetációdinamika és szukcessziókutatás az utóbbi 15 évben. – In: VIRÁGH K. – KUN A. (szerk.): *Vegetáció és dinamizmus*. – MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót. pp.: 53–79.
- VIRÁGH K. (2002): Vegetációdinamikai kutatások. – In: FEKETE G. – KISS KEVE T. – KOVÁCSNÉ-LÁNG E. – KUN A. – NOSEK J. – RÉVÉSZ A. (szerk.): *Az MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete 50 éve (1952-2002)*. – Vácrátót. pp.: 65–91.
- VIRÁGH K. – HORVÁTH A. – BARTHA S. – SOMODI I. (2006): Kompozíciós diverzitás és términtázati rendezettség a száalkaperjés erdőssztyepprért természetközeli és zavart állományában. – In: MOLNÁR E. (szerk.): *Kutatás, oktatás, értéktérítés*. – MTA ÖBKI, Vácrátót. pp.: 89–110.
- WILLIAMS L. R. – CAMERON G. N. – SPENCER S. R. – ESHELMAN B. D. – GREGORY M. J. (1986): Experimental analysis of the effects of pocket gopher mounds on Texas coastal prairie. – *Journal of Mammalogy* 67 (4): 672–679.
- ZHANG Y. – ZHANG Z. – LIU J. (2003): Burrowing rodents as ecosystem engineers: the ecology and management of plateau zokors *Myospalax fontanierii* in alpine meadow ecosystems on the Tibetan Plateau. – *Mammal Review* 33 (3–4): 284–294.
- ZIMMERMANN Z. – SZABÓ G. – CSATHÓ A. I. – SALLAINÉ KAPOCSI J. – SZENTES SZ. – JUHÁSZ M. – HÁZI J. – KOMOLY C. – VIRÁGH K. – SUTYINSZKI Zs. – UJ B. – BARTHA S. (2014): The impact of the lesser blind mole rat [*Nannospalax (superspecies leucodon)*] on the species composition and diversity of a loess steppe in Hungary. – *Applied Ecology and Environmental Research* 21 (2): 591–602.

Authors' address:

Bartha Sándor, Zimmermann Zita,
Szabó Gábor, Szentes Szilárd,
Virágh Klára, Csathó András István
MTA Ökológiai Kutatóközpont
Ökológiai és Botanikai Intézet
H-2163 Vácrátót
Alkotmány út 2–4.
E-mail: bartha.sandor@okologia.mta.hu

