

Nyílt homoki gyepek cönológiai és talajtani vizsgálata a Duna-Tisza közén

Szabó Gábor^{1,2} – Zimmermann Zita^{1,2} –
Csontos Péter³ – Wichmann Barnabás¹ –
Szentés Szilárd¹ – Barczi Attila⁴ – Pápay Gergely¹
– Járdi Ildikó¹ – Penksza Károly¹

¹Szent István Egyetem MKK, NÖFI Növénytani Tanszék, Gödöllő

²MTA ÖK Ökológiai és Botanikai Intézet, Vácrátót

³MTA Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

⁴Szent István Egyetem MKK, Természetvédelmi és Tájökológiai

Tanszék, Gödöllő

kabazit@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS

Vizsgálatunk célja, hogy meghatározzuk a Duna-Tisza közti *Festuca vaginata* és a *F. pseudovaginata* által dominált nyílt homoki gyepekben a fajkompozíciójában és talajtulajdonságaiban jelentkező különbségeket.

A mintavételt 2009 májusában végeztük 2×2 m-es kvadrátokban, Braun-Blanquet módszert alapul véve, de a fajok borítási értékeit adtuk meg. Öt-öt felvétel készült *Festuca vaginata* és *F. pseudovaginata* dominálta állományokban, két mintaterületen (Tatárszentgyörgy és Imrehegy). Az edényes növényfajok fajsámát és borítási értékeit, a kriptogámok fajsámát, valamint hét talajtani paramétert (pH [KCl], pH [H₂O], humusz, összes nitrogéntartalom, Ca, P₂O₅, K₂O) elemeztük, utóbbiakat 0-15 cm-es és 15-30 cm-es mélységben mérve. A két *Festuca* faj állományainak talajtani viszonyainak összehasonlítására lineáris kevert modelleket alkalmaztunk, az adatok elemzését klaszteranalízissel is kiegészítettük, az egyes fajok borítási értékeit pedig Mann-Whitney U-tesztel hasonlítottuk össze. Eredményeink alapján a *F. vaginata* és a *F. pseudovaginata* felvételek jól elkülönültek egymástól, utóbbiakban a fajsám közel kétszer akkora bizonyult, mint a *F. vaginata* felvételek esetében. A borítási értékek és a felső 15 cm-es talajrétegből vett minták talajtani paraméterein alapuló klaszteranalízis alapján is elkülönültek a különböző vegetációs egységek. A lineáris kevert modellek eredményei szerint a *F. vaginata* dominálta gyepek talaja magasabb pH-, nitrogén-, foszfor- és kalciumtartalommal jellemezhető, szemben a *F. pseudovaginata* gyepekkel, amely szoros kapcsolatot jelez a felső talajrétegek tulajdonságai és a rajta előforduló homoki vegetáció összetétele között.

Kulcsszavak: nyílt homoki gyepek, *Festuca pseudovaginata*, fajkompozíció, homoktalajok, talajvizsgálat

SUMMARY

The aim of our study was to reveal the differences in the species composition and soil properties of open sandy grasslands dominated by different *Festuca* species, *Festuca vaginata* and *F. pseudovaginata*. Due to the arid conditions, sandy grasslands are generally covered by xerothermic vegetation in which *F. vaginata* is a typical dominant species. However, species composition and soil properties of grasslands dominated by this recently discovered species are still undiscovered. Based on previous coenological studies, we hypothesised that the grasslands characterised by the endemic *F. vaginata* are more species-rich than those with *F. pseudovaginata*.

Coenological sampling was carried out in May 2009 at two study sites using the Braun-Blanquet method in quadrats of 2 m × 2 m. Five relevés were sampled in stands dominated by *F. vaginata* and *F. pseudovaginata* respectively at two study sites in Central Hungary. Analyses were based on the cover scores of vascular plant species and cryptogam crust and values of seven soil properties (pH [KCl], pH [H₂O], humus, total N, Ca, P₂O₅ and K₂O) measured in the 0-15 and 15-30 cm soil layers. Soil properties of the grasslands dominated by *F. pseudovaginata* and *F. vaginata* (dependent variables) were compared by linear mixed models, where 'grassland type' was the fixed factor and 'site nested in grassland type' was considered as random factor. Data were analysed by cluster analysis, fusion algorithm was a combinatorial method (minimising increase of variance), and the correlation was used as comparative function. We compared the cover of subordinate species by Mann-Whitney U test.

We found that *F. pseudovaginata* and *F. vaginata* samples were well separated, and grasslands dominated by *F. pseudovaginata* had nearly two times more species than those dominated by *F. vaginata*. Based on the cluster analyses using plant cover and upper 0-15 cm soil layer data, *F. pseudovaginata* and *F. vaginata* groups could be well separated. Linear mixed models revealed that *F. vaginata* grasslands were typical on soils with higher pH, nitrogen, phosphorous and potassium contents compared to *F. pseudovaginata* grasslands, which indicates a tight connection between the properties of the upper soil layer and the vegetation in sandy grasslands.

Keywords: open sandy grasslands, *Festuca pseudovaginata*, species composition, sandy soils, soil investigations

BEVEZETÉS

A füves élőhelyek a biológiai sokféleség szempontjából kiemelt jelentőségű életközösségek (Tälle et al., 2016; Valkó et al., 2016a), amelyeken belül a pannon homoki gyepek a Natura 2000 Élőhelyvédelmi Irányelv által védett, közösségi jelentőségű élőhelyek. Ez az élőhelytípus kizárólag a Pannon Biogeográfiai Régióban fordul elő, összesen 48.000 ha kiterjedésben (Haraszthy, 2014), és bennük számos ritka, védett növényfaj található meg (pl. *Alkanna tinctoria*, *Corispermum* fajok, *Dianthus serotinus* és *Helichrysum arenarium*).

Tekintettel természetvédelmi jelentőségükre, hatékony védelmük érdekében kiemelt fontosságú az

ide tartozó növénytársulások minél részletesebb cönológiai és taxonómiai kutatása.

A homok alapközetén általában tápanyagszegény talajok fejlődnek, melyeken a szemiarid klímaövbén a nyílt homoki gyepek adják a természetes növénytakarót (Molnár, 2003). A Duna-Tisza között ezek domináns, a társulás vázát adó fűfaja a homoki csenkesz (*Festuca vaginata*). A hazánk növényzetét leíró tanulmányok szerint (Šmarda et al., 2007; Borhidi et al., 2012) a *Festucetum vaginatae* (Rapaics ex Soó 1929 em. Borhidi 1996) asszociációra jellemző *Festuca*-fajok egyértelmű vikarizációt mutatnak: számos földrajzilag elkülönült, de funkcionálisan hasonló csenkeszfaj jelenik meg domináns fajként a homoki gyepekben. Ezen taxonok egyike a tecei csenkesz (*F. pseudovaginata*) (Penksza, 2003). Fontos fenológiai eltérés, hogy a tecei csenkesz a homoki csenkesznél akár 2-3 héttel is korábban kezd meg a virágzást. A korábbi vizsgálatok alapján a tecei csenkesz tipikus élőhelye a homoki élőhelyek zavartabb foltjai (Penksza, 2003; Bajor et al., 2016).

A Pannon Biogeográfiai Régió homoki élőhelyeinek kutatása során (Szujkóné Lacza és Kovács, 1993; Bátori et al., 2017; Biró et al., 2008; Erdős et al., 2015; Tölgyesi et al., 2015) a jó természetességű nyílt homoki gyepek vizsgálata mellett csak kevés figyelmet szenteltek a *F. pseudovaginata* tipikus élőhelyét jelentő zavartabb állományok kutatására (Kárpáti és Kárpáti, 1954). A *F. vaginata* állományokban a talaj nedvességtartalma a legfontosabb limitáló környezeti tényező. Kovács-Láng és Szabó (1971) eredményei alapján a homoktalajok vízáteresztő képessége nagyon magas, míg a vízmegtartó képessége 3-5%, melynek következtében a talaj felszíne nagyon hamar kiszárad. A nyári csapadékszegény időszak alatt a talaj nedvességtartalma 20 cm mélységben legfeljebb 2% v/v körül alakul (Kovács-Láng és Szabó, 1971; Fekete et al., 1976). A *F. vaginata* gyepek biomassza termelésének időbeli alakulása egy alacsonyabb tavaszi és egy magasabb őszi maximummal rendelkezik (Kovács-Láng és Szabó, 1971; Nosek, 1986), amely igazodik a csapadék éves eloszlásának a mintázatahoz. Az ilyen talajokon kifejlődő növénytársulásoknak fontos jellemzője, hogy a gyökértömeg nagyobb része a talaj felső, kiszáradásra hajlamos, alacsony talajnedvességű 20 cm-es szintjében található. Alacsony produktivitásának köszönhetően a homoki gyepek jellemzően nem kerültek intenzív mezőgazdasági művelés alá, az esetek többségében juhlegelőként hasznosítják őket (Penksza et al., 2009; Kiss et al., 2011; Tasi és Halász, 2015). Mindezek mellett azonban állományaik gyakran degradálódnak egyéb emberi tevékenységek következtében (túllegeltetés, bányászat, katonai használat, stb.) (Kelemen et al., 2016). Az ilyen zavarások következtében új, nyitott életterek jönnek létre, melyeket a szekunder szukcesszió során az eredeti növénytársulástól eltérő, új növényzeti típus foglalhat el (Bartha et al., 2008). Az ilyen közelmúltban zavarásnak kitett és jelenleg regenerálódó homoki gyepekben a *F. pseudovaginata*

megjelenése és területfoglalása figyelhető meg (Penksza, 2003).

A korábbi vizsgálatokban a két csenkesz faj nem volt egyértelműen elkülönítve (mindkét faj *F. vaginata* néven került feljegyzésre), ennek következtében a két taxon ökológiai és cönológiai jellemzőiben adódó különbségek ezidáig tisztázatlanok voltak. Ezek vizsgálatára a következő kérdésekre kerestük a választ: (1) A *F. vaginata* és a *F. pseudovaginata* dominálta homoki gyepek esetében találunk-e különbséget az állományok fajösszetételében; és (2) az állományok alatt található talajok tulajdonságainak tekintetében?

ANYAG ÉS MÓDSZEREK

A terepi adatgyűjtésre a Duna-Tisza között két mintavételi helyszínen, Tatárszentgyörgy és Imrehegy térségében került sor (1. ábra). A tatárszentgyörgyi terület homokbuckákkal tagolt felszínén a *Festuca pseudovaginatae* társulás számos szubasszociációja előfordul: megtalálható a kétszikű fajok által dominált *fumanetosum*, a buckatetőkön megjelenő *stipetosum*, a buckák alján jellemző *holoschoenetosum* és a bucka közötti mélyedésekben lévő *salicetosum rosmarinifoliae*. A nyílt homoki gyepek *Junipero-Populetum albae* állományokkal mozaikolnak. A terület korábban katonai lőtérként volt hasznosítva, így harcok miatt és a lövészet miatt helyenként igen jelentős antropogén eredetű zavarásnak kitett terület, melyet a katonai használat mellett áprilistól szeptemberig birkákkal is legeltetnek, 0,5-1 számosállat/ha legeltetési nyomás mellett (Bajnok et al., 2011; Kiss et al., 2011). A használat következtében elpusztult növényzet helyén a *Festuca vaginata* helyett jól elkülönülő foltokban a *F. pseudovaginata* települt vissza. Az imrehegyi mintaterületen hasonló természetföldrajzi viszonyok és növényzeti struktúra található, ez a terület nem áll katonai hasznosítás alatt, azonban 30 éve folyamatosan birkákkal legeltetett, a legeltetés intenzitása a tatárszentgyörgyi mintaterülettel megegyező.

A vizsgált élőhelyek környezeti adottságai mozaikosak (Tölgyesi és Körmöczy, 2012; Tölgyesi et al., 2014; Erdős et al., 2015). Tölgyesi (2016) vizsgálata alapján a környezeti gradiens mentén különböző vegetációfoltok alakultak ki a Duna-Tisza között. A gradiens kialakulásában szerepet játszhatnak az élőhely fizikai jellemzői, elsősorban a talajnedvesség, talajszerkezet, kiettség, hőmérséklet (Bartha et al., 2008; Courtwright és Findlay, 2011; Bátori et al., 2014), illetve a biotikus tényezők változásai is. Ez utóbbira szolgál például Vadász et al. (2016) vizsgálata, melyben a különböző intenzitású legelés és taposás növényzetre gyakorolt hatásait elemzi. A fás és fátlan vegetáció átmeneti zónájában, valamit az erdők helyén kialakított gyepekben olyan nyílt homokfelszínek alakulhatnak ki, melyeket rövid időn belül pionír jellegű növényfajok kolonizálnak (Csecserits és Rédei, 2001; Csecserits et al., 2011; Bartha et al., 2014).

A száraz élőhelyen zajló szekunder szukcesszió lassúsága következtében az ilyen növényzettel borított foltok még az emberi hatás megszűnését követően is sokáig fennmaradhatnak (Pándi et al.,

2014). A tájhasználat következtében a korábbi erdők helyén kialakuló másodlagos gyepek hosszú időn át fennmaradhatnak (Prach et al., 1997, 2001; Török et al., 2011).

1. ábra: A mintavételi területek elhelyezkedése



Figure 1: Location of study sites

A cönológiai mintavételezés 2009 májusában zajlott, ennek során 2×2 m-es kvadrátokban Braun-Blanquet (1951) módszerével becsültük a növényfajok borítását. Mindkét mintavételi területen véletlenszerűen kiválasztottunk egy-egy *F. vaginata* és *F. pseudovaginata* által dominált foltot, és ezek közepén 5-5 cönológiai felvételt készítettünk, így összesen 20 felvétel állt rendelkezésünkre. A felvételek egyikében mindkét faj előfordult, a *F. pseudovaginata* dominanciája mellett a *F. vaginata* is előfordult 1% borítással. A fajnevek használatakor Király (2009) nevezéktanát követtük, a társulások megnevezésekor Borhidi et al. (2012) munkáját vettük alapul. A borításbecslést követően a talaj 0-15 cm-es és 15-30 cm-es rétegéből elkülönítve minden kvadrátból talajmintát vettünk. Ezeket a következő talajtulajdonságokra az alábbi eljárásokkal elemeztettük ki: pH (H₂O, KCl elektrometrikus eljárás), CaCO₃ (Scheibler-módszer), P₂O₅ és K₂O (ammónium-laktát oldhatóság), humusztartalom (Turin-módszer) és össznitrogén-tartalom. Az eltérő *Festuca* fajok állományai alól származó talajok

tulajdonságait lineáris kevert modellel hasonlítottuk össze (LMM, Zuur et al., 2009), ahol a fix változó volt a növényzet típusa (*F. vaginata* vagy *pseudovaginata* dominancia), random változónak pedig a mintavételi helyszínt választottuk (Tatárszentgyörgy és Imrehegy). A normáeloszlástól eltérő talajparaméterek adatait logaritmus transzformációval normalizáltuk. A legnagyobb abundanciával előforduló (5%-nál magasabb borítással jelen lévő) fajok borítási értékeit a különböző vegetációtípusok között Mann-Whitney-féle U teszttel hasonlítottuk össze, melyhez az SPSS 20.0 statisztikai szoftvert használtuk. A cönológiai felvételeket sokváltozós adatelemzésnek vetettük alá, ezekhez felhasználtuk: (1) az edényes növények és a kriptogám színíziumok borítási értékeit, illetve (2) a fent felsorolt, különböző mélységből vett talajminták analizésekor kapott mérési eredményeket. Az így előállt változókra a SYN-TAX programcsomag segítségével anagglomeratív klaszteranalízist végeztünk (HCML2) (Podani, 1997, 2001).

EREDMÉNYEK

Botanikai eredmények

A cönológiai felvételekben összesen 76 edényes növényfaj megjelenését jegyeztük fel. Ezek közül 23 faj mindkét gyeptípusban megjelent, 4 faj csak a *F. vaginata* által dominált gyepekben fordult elő, további 49 faj kizárólag a *F. pseudovaginata* dominált gyepekben volt megtalálható. Ennek következtében jelentős eltérések mutatkoztak a két gyeptípus fajszámában. A *F. pseudovaginata* gyepek magasabb átlagos fajszámmal voltak jellemezhetőek: kvadrátonként 19,6 faj jelent meg (SD=1,1) a tatárszentgyörgyi mintaterületen, és 25,2 faj az imrehegyi mintaterületen (SD=4,0). A *F. vaginata* által dominált gyepekben ez az érték 10,0 volt Tatárszentgyörgyön (SD=3,4) és 11,4 Imrehegyen (SD=1,3). Két mohafaj (*Polytrichum piliferum* és *Tortula ruralis*), valamint két zuzmófaj (*Cladonia magyarica* és *C. rangiformis*) csak a homoki csenkeszes gyepekben fordult elő, míg a tecei csenkesz által dominált állományokban nem figyeltük meg a moha és a zuzmófajok megjelenését. A *F. vaginata* és *F. pseudovaginata* gyepek közös fajai a természetes és féltermészetes homoki gyepek jellegzetes növényei voltak: ezek közül a Pontus-pannoniai évelő homokpuszták (*Festucion vaginatae* Soó 1929) növényei voltak: *Arenaria serpyllifolia*, *Bromus squarrosus*, *Centaurea arenaria*, *Erysimum diffusum*, *Festuca vaginata*, *Fumana procumbens* és *Koeleria glauca*. Mindkét típusban megjelentek az atlantikus homoki gyepek (*Corynephorretalia* Klika 1934) egyes növényei: *Cerastium semidecandrum*, *Rumex acetosella*, *Veronica dillenii*.

A száraz és félszáraz sziklai és pusztai gyepekre (*Festuco-Brometea*) jellemző fajok közül számos csak a *F. pseudovaginata*-t tartalmazó kvadrátokban jelent meg (pl. *Alyssum alyssoides*, *Asparagus officinalis*, *Erophila verna*, *Hypericum perforatum*, *Phleum phleoides*, *Poa angustifolia* és *P. bulbosa*). A *Carex liparicarpos*, *C. stenophylla*, *Iris arenaria* (kontinentális homokpuszták – *Festucetalia vaginatae* & *rupicola* fajai), *Viola kitaibeliana* és *Thymus praecox* (*Festucetalia vaginatae* & *valesiaca*) csak a tecei csenkeszes gyepekben fordult elő. Szintén ezekben az állományokban szükséges kiemelni a különböző ruderalis növényzeti típusok (*Chenopodietea*, *Chenopodietea* & *Secalietea*, *Secalietea*, *Aphanion*) zavarásjelző fajainak (*Ambrosia artemisiifolia*, *Anchusa officinalis*, *Anthemis austriaca*, *Apera spica-venti*, *Conyza canadensis*) nagyszámú előfordulását, illetve a *Cynodon dactylon* magas dominanciáját. A *F. pseudovaginata* által dominált felvételek egyikében, mint a melegkedvelő tölgyesek faja, a *Lithospermum officinale* előfordulását rögzítettük.

Az összes faj bevonásával végzett sokváltozós elemzés alapján a két *Festuca* fajt tartalmazó felvételek mindkét területen egyértelműen elkülönültek egymástól (2. ábra), a *F. vaginata*-t tartalmazó felvételek között nagyobb hasonlósági értékeket kaptunk, mint a *F. pseudovaginata*-t tartalmazók között.

A Mann-Whitney U teszt eredményei szerint (1. táblázat) az *Arenaria serpyllifolia*, *Cerastium semidecandrum*, *Medicago minima* és *Poa bulbosa* borítási értékei magasabbak voltak a *F. pseudovaginata* által képzett gyepekben, míg a *Plantago arenaria* magasabb abundanciája a *F. vaginata* gyepekre volt jellemző.

2. ábra: A vizsgált gyepek fajkészletének borítási értékei alapján készült dendrogramm

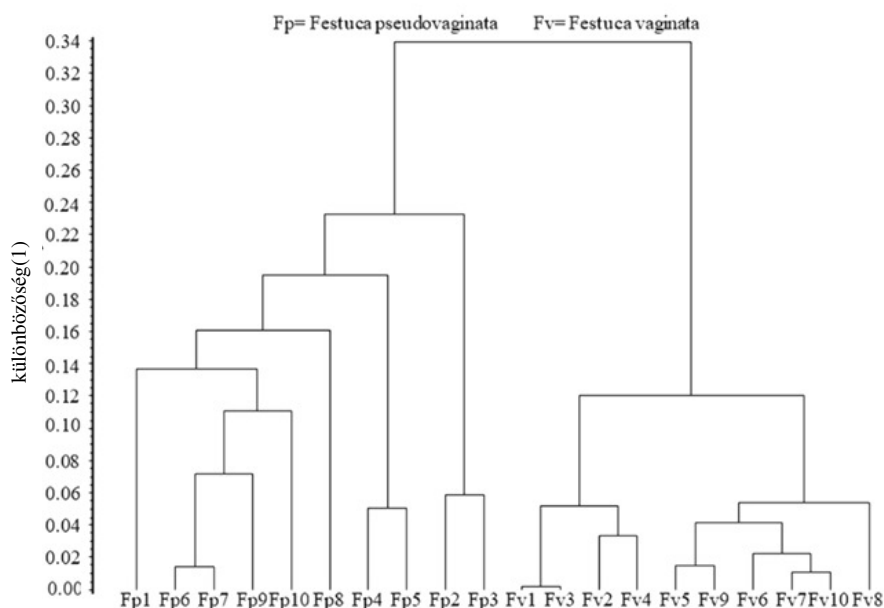


Figure 2: Dendrogram of the studied grassland types based on species cover scores dissimilarity(1)

A Mann-Whitney U teszt eredményei
(A szignifikáns eltérések félkövér betűtípussal jelölve)

	Mann-Whitney U	Szig.	Borítás (%; átlag±szórás)(1)	
			<i>F. pseudovaginata</i> gyepek	<i>F. vaginata</i> gyepek
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	7.0	0.001	2.6±1.5	0.4±0.2
<i>Botriochloa ischaemum</i>	36.5	0.312	2.3±2.9	0.9±1.7
<i>Cerastium semidecandrum</i>	0.1	0.001	2.3±1.2	0.2±0.3
<i>Euphorbia seguierana</i>	48.5	0.912	1.2±1.6	0.7±0.7
<i>Medicago minima</i>	3.0	0.001	3.5±0.7	0.6±0.5
<i>Minuartia verna</i>	26.5	0.075	4.5±5.3	0.8±1.6
<i>Plantago arenaria</i>	77.5	0.035	0.8±1.1	4.8±7.7
<i>Poa bulbosa</i>	0.1	0.001	5.6±2.5	0.2±0.1
<i>Stipa borysthena</i>	46.0	0.796	3.9±7.3	0.8±1.1

Table 1: Results of the Mann-Whitney U test. Significant differences are marked in boldface cover scores (mean±standard deviation)(1)

A talajvizsgálatok eredményei

A vizsgált feltalajok kémhatása mindkét terület esetében 8-as pH körüli értéket adott, valamint a CaCO₃ tartalom 3-5% között alakult. A humusztartalom minden esetben 1% alatt maradt. A terepen megfigyelhető tulajdonságaik, valamint a laboratóriumi mérések alapján a talajok mindkét helyszínen a regosol típusú talajok közé sorolhatók. Fontos különbség, hogy a kétféle gyeptípus alatt eltérő talajféleséget mutattunk ki: a *F. vaginata* dominált állományok alatt homokos vázталaj, a *F. pseudovaginata* dominálta gyepek alatt a homok alapkőzetten kifejlődő erdei élőhelyekre jellemző barna erdőtalaj található (Stefanovits, 1992).

A LMM eredményei szerint a 0-15 cm-ig terjedő talajrétegben 4 paraméter (pH [KCl], össznitrogén-tartalom, Al-P₂O₅ és Al-K₂O tartalom) tért el a két *Festuca* faj által dominált gyepekben (2. és 3. táblázat), mégpedig ezek az értékek magasabbnak adódtak a *F. vaginata* típusban.

Az elkülönülést a klaszteranalízis is megerősíti (3. ábra „A”). A 15-30 cm közötti mélységből származó minták esetében csak a pH [H₂O] esetében adódott eltérés. Ha a klaszteranalízist összevonva végezzük el az összes (mindkét mélységből származó) mintára, a különböző *Festuca*-fajokat tartalmazó felvételek nem különülnek el egymástól (3. ábra „B”).

A talajminták laborvizsgálatának eredményei
(az egyes mintavételi helyekről származó 5 minta átlaga és szórása)

	<i>Festuca pseudovaginata</i>		<i>Festuca vaginata</i>	
	Tatárszentgyörgy	Imrehegy	Tatárszentgyörgy	Imrehegy
0-15 cm				
pH (KCl)	7.34±0.21	7.32±0.18	7.51±0.23	7.50±0.13
pH (H ₂ O)	8.11±0.27	7.85±0.33	8.31±0.18	8.31±0.21
Humusz (mg/kg)	0.23±0.16	0.84±0.81	0.05±0.07	0.09±0.06
Össznitrogén (mg/kg)	184.60±102.20	105.80±29.41	528.20±427.99	584.80±688.84
Ca (%)	4.38±0.25	4.74±0.52	3.44±0.92	3.87±1.04
P ₂ O ₅ (mg/kg)	15.38±1.63	16.76±2.18	26.84±9.48	37.18±38.05
K ₂ O (mg/kg)	32.22±2.07	30.16±5.39	59.50±28.56	53.88±39.00
15-30 cm				
pH (KCl)	7.74±0.19	7.70±0.25	7.79±0.21	7.77±0.24
pH (H ₂ O)	8.37±0.25	8.37±0.18	8.71±0.12	8.81±0.12
Össznitrogén (mg/kg)	204.00±71.83	407.60±485.54	352.60±161.00	323.40±123.89
Ca (%)	3.83±1.00	3.72±1.38	4.01±0.81	3.92±0.93
P ₂ O ₅ (mg/kg)	18.78±6.70	33.46±29.98	17.64±3.41	25.46±7.95
K ₂ O (mg/kg)	37.58±6.73	44.86±30.58	39.90±7.56	39.16±1.46

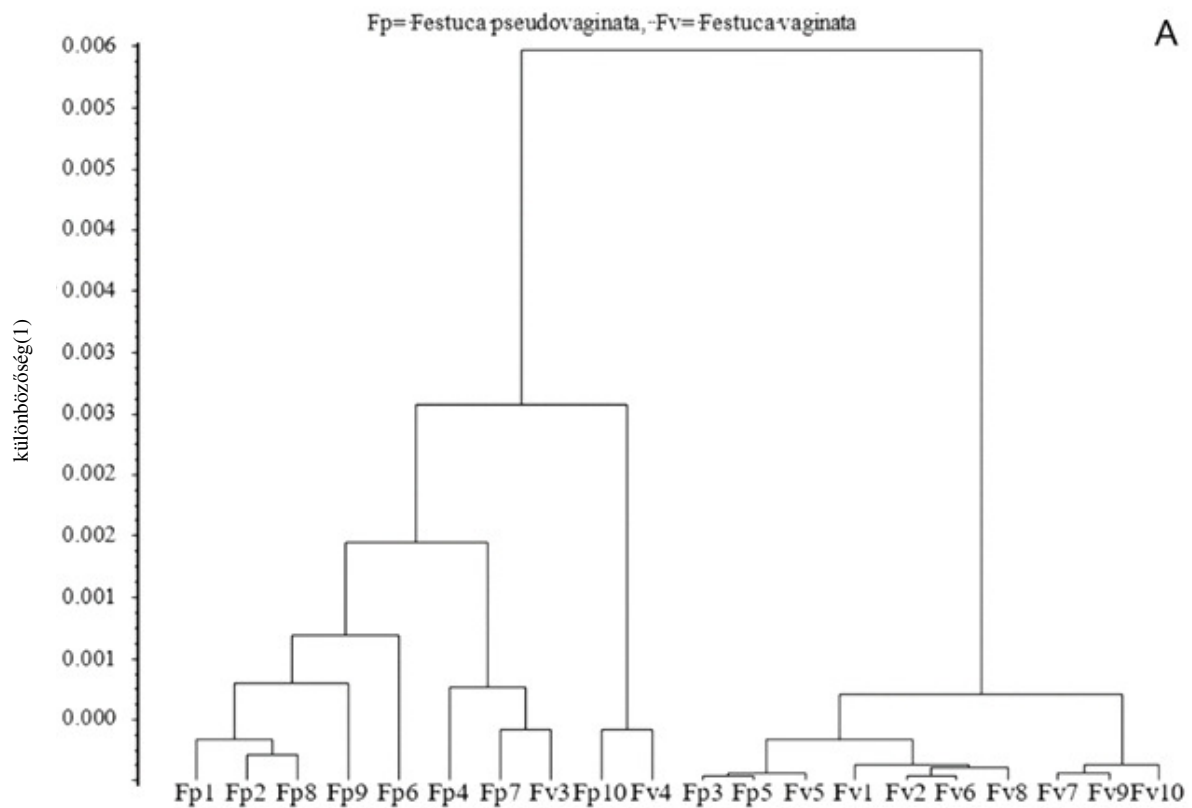
Table 2: Results of the soil laboratory analysis (Means and standard deviations of the five soil samples are given for each location)

A növényzet típus (fix változó) és a mintavételi hely (random változó) hatását vizsgáló lineáris kevert modell eredményei
(A szignifikáns eltérések félkövér betűtípussal jelölve)

	Növényzet típusa(1)		Mintavételi hely(2)	
	F	P	F	p
0-15 cm				
pH (KCl)	218.00	0.005	0.01	0.980
pH (H ₂ O)	6.42	0.127	1.28	0.305
Humusz	3.05	0.223	3.86	0.043
Ca	13.13	0.068	0.50	0.615
Össznitrogén	22.77	0.041	0.51	0.608
P ₂ O ₅	65.10	0.015	0.10	0.903
K ₂ O	30.33	0.031	0.25	0.780
15-30 cm				
pH (KCl)	5.10	0.152	0.10	0.941
pH (H ₂ O)	73.00	0.013	0.40	0.709
Össznitrogén	5.80	0.138	0.19	0.833
Ca	4.89	0.157	0.05	0.946
P ₂ O ₅	0.04	0.860	1.43	0.269
K ₂ O	0.78	0.469	0.02	0.979

Table 3: Results of linear mixed-effect models for testing the effects of grassland type (fixed factor) and site (random factor nested in grassland type). Significant differences are marked with boldface
grassland types(1), sites(2)

3. ábra: A vizsgált gyeptípusok elkülönülése a felső (0-15 cm) talajrétegből származó minták talajtulajdonságai alapján (A), illetve a két mélységből származó minták együttes elemzésével (B)



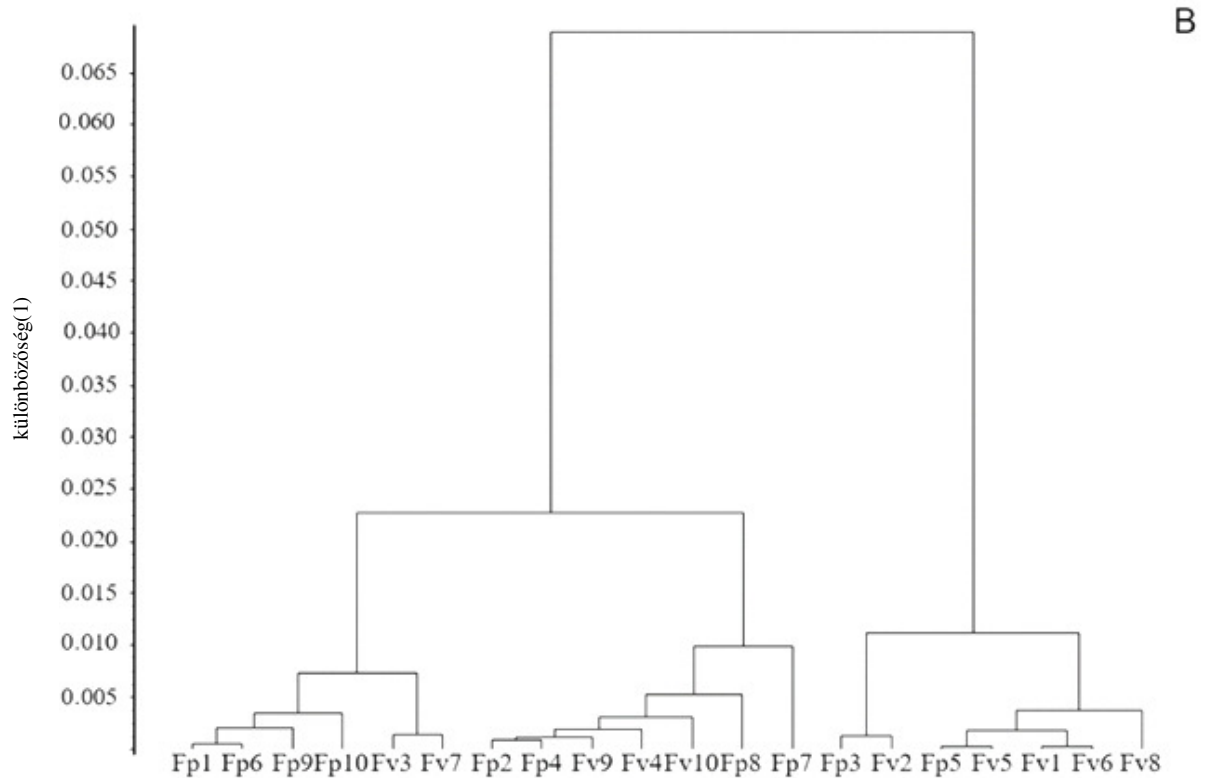


Figure 3: Dendrogram of the studied grassland types (A) – based on soil properties measured in the upper soil layer (0-15 cm); (B) – based on the pooled soil samples of the upper (0-15 cm) and the lower (15-30 cm) layers
dissimilarity(1)

ÉRTÉKELÉS

Eredményeink alapján pontosíthatjuk Borhidi et al. (2012) korábbi konklúzióját, miszerint a hazai nyílt homoki gyepek egyetlen domináns pázsitfűfaja a *F. vaginata*. Tanulmányunk szerint a *Festuca vaginata* és a *F. pseudovaginata* által dominált gyepek fajkészletükben jelentősen különböztek. Kimutattuk, hogy mindkét gyeptípus számos fajt tartalmaz a *Festucion vaginatae*, *Festucetalia vaginatae* & *valesiacae* és *rupicola* cönotaxonok jellemző elemei közül. A *Cynodon dactylon* felszaporodása és számos ruderalis növényzeti típusra jellemző faj megjelenése egyértelműen indikálja a *F. pseudovaginata* által kolonizált élőhely esetében jelentkező antropogén eredetű zavarást. A legeltetés hatásaival foglalkozó szakirodalom megerősíti, hogy a csillagpázsit a magas legeltetési nyomás következtében felszaporodik, ezért az intenzív legeltetés és taposás indikátoraként használhatjuk (Szentés et al., 2011, 2012; Deák et al., 2014; Török et al., 2014).

A *Festucetum vaginatae* társulás számos szubasszociációja került leírásra a Kárpát-medencében, melyek közül a *festucetosum wagnerii* (Pócs, 1954) fajkészlete mutatta a legnagyobb hasonlóságot az általunk készített, *Festuca pseudovaginata*-t tartalmazó felvételek fajkészletével. A *F. vaginata* típusban nem találtunk antropogén eredetű zavarásra utaló fajokat, emellett jól fejlett moha-zuzmó szinúziomok jelentek meg, melyek szintén a jó természetességű állományokra

jellemzőek. Borhidi et al. (2012) érvényesnek tekintik a *Cynodonti-Festucetum pseudovinae* Soó (in Aszód 1935) társulásleírást, illetve megerősítik a legeltetés szerepét az asszociáció kialakulásában. Ezen felül kimutatják, hogy a társulás legeltetés hatására történő megjelenése a komplex, erdős illetve szikesedésre hajlamos fátlan élőhelyek mozaikjában várható. Ezek a megfigyelések megerősítik a mi eredményeinket, nevezetesen hogy a fás és fátlan élőhelyek mozaikjában a legeltetés és az egyéb eredetű zavarások hatására új növénytársulások jöhetnek létre, illetve, hogy a barna erdőtalaj megjelenésének jelentős szerepe lehet a két növényzeti típus elkülönülésében. Valószínűsíthető, hogy a *F. pseudovaginata* gyepek egy jelentős zavarás után meginduló regenerációs folyamat részeként jelennek meg az egykori erdők helyén, azonban a folyamatosan jelentkező kisebb zavarások miatt nem érik el a természetes élőhelyekre jellemző egyensúlyi állapotot, hanem a fajösszetételükből láthatóan megőrzik zavart jellegüket.

A két növényzeti típus fajkészletét a környezeti tényezők, elsősorban az antropogén hatások alapvetően befolyásolják. A *F. vaginata* dominálta gyepek a *F. pseudovaginata* állományokhoz képest magasabb össznitrogén-, kálium-, foszfor- és pH értékekkel voltak jellemezhetőek. Ez a jelenség *F. pseudovaginata* gyepek esetében feltehetően az alacsonyabb biológiai aktivitással (kisebb gyökértömeg), illetve a gyepeket érő jelentős antropogén hatással (a mélyebb és tápanyagszegény rétegek feltalajhoz keverése a talajzavarással járó

talajmunkák, legeltetés közben jelentkező taposás) magyarázható. A *F. vaginata* gyepekben jelentkező magasabb tápanyagtartalom okai az emberi hatások mellett valószínűsíthetően az egyes talajtípusok sajátosságaiban keresendők. A klasszifikációs eredményeink alapján a *Festuca* fajok megjelenése jól indikálja az egyes talajtípusokat, illetve a feltalaj számos tulajdonságát (Bartha et al., 2004, 2008; Tasi et al., 2016). A *F. vaginata* a magasabb nitrogén- és foszfortartalom indikátora, míg a *F. pseudovaginata* alacsonyabb tápanyagtartalmat jelez. Vizsgálatunk alapján megállapítható, hogy a növényzet fajösszetétele és az egyes fajok ökológiai sajátosságai jól indikálják az egyes gyeptípusok alatt jelen lévő talajtípusokban, illetve az élőhelyek intenzitálásában megmutatkozó különbségeket. Bajor et al. (2016) a fás szárú növényzet eltávolításának hatását vizsgálta a nyílt homoki gyepek növényzetére. Eredményeik szerint a cserjeirtást követően az idős parlagokhoz (Prach et al., 2007; Valkó et al., 2016b) és a spontán regenerálódó gyepekhez (Deák et al., 2015, 2016; Valkó et al., 2017) hasonlóan kezdetben efemer fajok nagyobb mennyiségű előfordulása figyelhető meg, melyek helyét a szukcesszió előrehaladtával évelő fajok foglalják el (Török et al., 2009; Csecserits

et al., 2011; Albert et al., 2014), melynek elsődleges oka az évelő fajok jobb kompetíciós képessége lehet (Prach et al., 1997).

Bajor et al. (2016) szerint a cserjeirtást követően a legjellemzőbb megjelenő évelő pázsitfűfaj a *F. pseudovaginata* volt.

Eredményeink alapján a két vegetáció típus között megfigyelt fajkompozícióbeli különbségek egyik oka az eltérő talajtulajdonságok és a velük összefüggő környezeti stressz (ennek tudható be a *F. pseudovaginata* korai virágzása, a nyári szárazságstressz elkerülésének érdekében), valamint a korábbi tájhasználat hatása (Catorci és Gatti, 2010; Troiani et al., 2016; Molnár, 20003). A másik magyarázat szerint az eltérő gyeptípusok a szukcesszió különböző stádiumait képviselik: míg a *F. pseudovaginata* dominálta gyepek az erdő-szeriesz egyik dinamikus állomásának tekinthetők, addig a *F. vaginata* gyepek klímáx stádiumban vannak. Ez a feltételezés azonban további vizsgálatokat igényel.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munkát a Gödöllői Természetkutató Egyesület és az OTKA K-125423 pályázat is támogatta.

IRODALOM

- Albert, Á. J.-Kelemen, A.-Valkó, O.-Migléc, T.-Csecserits, A.-Rédei, T.-Deák, B.-Tóthmérés, B.-Török, P. (2014): Trait-based analysis of spontaneous grassland recovery in sandy old-fields. *Applied Vegetation Science* 17: 214-224.
- Bajnok M.-Török G.-Resch R.-Buchgraber K.-Tasi J. (2011): A termőhely, a gyeptípus és az időjárás szerepe néhány gyepterő hozamának alakulásában a hasznosítás intenzitásának függvényében. *Gyepgazdálkodási Közlemények* 2010/2011: 13-18.
- Bajor, Z.-Zimmermann, Z.-Szabó, G.-Fehér, Zs.-Járdi, I.-Lampert, R.-Kerényi-Nagy, V.-Penksza, P.-L. Szabó, Zs.-Székely, Zs. -Wichmann, B.-Penksza, K. (2016): Effect of conservation management practices on sand grassland vegetation in Budapest, Hungary. *Appl. Ecol. Env. Res.* 14: 233-247.
- Bartha, S.-Campetella, G.-Canullo, R.-Bódis, J.-Mucina, L. (2004): On the importance of fine-scale spatial complexity in vegetation restoration. *Int. J. Ecol. Env. Sci.* 30: 101-116.
- Bartha, S.-Campetella, G.-Ruprecht, E.-Kun, A.-Házi, J.-Horváth, A.-Virágh, K.-Molnár, Z. (2008): Will interannual variability in sand grassland communities increase with climate change? *Com. Ecol.* 9 (Suppl): 13-21.
- Bartha, S.-Szentés, Sz.-Horváth, A.-Házi, J.-Zimmermann, Z.-Molnár, Cs.-Dancza, I.-Margóczy, K.-Pál, R. W.-Purger, D.-Schmidt, D.-Óvári, M.-Komoly, C.-Sutyinszki, Zs.-Szabó, G.-Csathó, A. I.-Juhász, M.-Penksza, K.-Molnár, Zs. (2014): Impact of mid- successional dominant species on the diversity and progress of succession in regenerating temperate grasslands. *Appl. Veg. Sci.* 17: 201-213.
- Bátori, Z.-Lengyel, A.-Maróti, M.-Körmöczy, L.-Tölgyesi, Cs.-Bíró, A.-Tóth, M.-Kincses, Z.-Cseh, V.-Erdős, L. (2014): Microclimate-vegetation relationships in natural habitat islands: species preservation and conservation perspectives. *Időjárás* 118: 257-281.
- Bátori, Z.-Erdős, L.-Kelemen, A.-Deák, B.-Valkó, O.-Gallé, R.-Bragina, T. M.-Kiss, P. J.-Kröel-Dulay, G.-Tölgyesi, C. (2017): Diversity patterns in sandy forest-steppes – a comparative study from the western and central Palaearctic. *Biodiversity and Conservation* doi: 10.1007/s10531-017-1477-7
- Bíró, M.-Révész, A.-Molnár, Zs.-Horváth, F.-Czucz, B. (2008): Regional habitat pattern of the Danube-Tisza Interfluvium in Hungary II: The sand, the steppe and the riverine vegetation, degraded and regenerating habitats, regional habitat destruction. *Acta Bot. Hung.* 50: 19-60.
- Borhidi, A.-Kevey, B.-Lendvai, G. (2012): Plant communities of Hungary. Akadémiai Kiadó, Budapest: 544. pp.
- Braun-Blanquet, J. (1951): Pflanzensociologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 2. Aufl. – Springer, Wien: 631. pp.
- Catorci, A.-Gatti, R. (2010): Floristic composition and spatial distribution assessment of montane mesophilous grasslands in the central Apennines, Italy: A multi- scale and diachronic approach. *Plant Biosyst.* 144: 793-804.
- Courtwright, J.-Findlay, S. E. G. (2011): Effects of microtopography on hydrology, physicochemistry, and vegetation in a tidal swamp of the Hudson River. *Wetlands* 31: 239-249.
- Csecserits, A.-Rédei, T. (2001): Secondary succession on sandy old fields in Hungary. *Appl. Veg. Sci.* 4: 63-74.
- Csecserits, A.-Czucz, B.-Halassy, M.-Kröel-Dulay, Gy.-Rédei, T.-Szabó, R.-Sztár, K.-Török, K. (2011): Regeneration of sandy old fields in the forest steppe region of Hungary. *Plant Biosyst.* 145: 715-729.
- Deák, B.-Valkó, O.-Alexander, C.-Mücke, W.-Kania, A.-Tamás, J.-Heilmeier, H. (2014): Fine-scale vertical position as an indicator of vegetation in alkali grasslands – Case study based on remotely sensed data. *Flora* 209: 693-697.

- Deák, B.-Valkó, O.-Török, P.-Kelemen, A.-Migléc, T.-Szabó, S.-Szabó, G.-Tóthmérész, B. (2015): Micro-topographic heterogeneity increases plant diversity in old stages of restored grasslands. *Basic Appl. Ecol.* 16: 291-299.
- Deák, B.-Hüse, B.-Tóthmérész, B. (2016): Grassland vegetation in urban habitats – Testing ecological theories. *Tuexenia* 36: 379-393.
- Erdős, L.-Tölgyesi, Cs.-Cseh, V.-Tolnay, D.-Cserhalmi, D.-Körmöczi, L.-Gellény, K.-Bátori, Z. (2015): Vegetation history, recent dynamics and future prospects of a Hungarian sandy forest-steppe reserve: forest-grassland relations, tree species composition and size- class distribution. *Com. Ecol.* 16: 95-105.
- Fekete, G.-Précsényi, I.-Molnár, E.-Melkó, E. (1976): Niche studies on some plant species of a grassland community. I. Comparison of various measurements. *Acta Bot. Hung.* 22: 321-354.
- Haraszthy L. (szerk.) (2014): Natura 2000 fajok és élőhelyek Magyarországon. Pro Vértes Közalapítvány, Csákvár: pp. 955.
- Kárpáti, L.-Kárpáti, V. (1954): The aspects of the calciphilous turf (*Festucetum vaginatae danubiale*) in the environs of Vácrátót in 1952. *Acta Bot. Hung.* 1: 129-157.
- Kelemen, A.-Valkó, O.-Kröel-Dulay, Gy.-Deák, B.-Török, P.-Tóth, K.-Migléc, T.-Tóthmérész, B. (2016): The invasion of common milkweed (*Asclepias syriaca*) in sandy old fields – Is it a threat to the native flora? *Appl. Veg. Sci.* 19: 218-224.
- Király G. (2009): Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósfa: 616.
- Kiss, T.-Lévai, P.-Ferencz, Á.-Szentés, Sz.-Hufnagel, L.-Nagy, A.-Balogh, Á.-Pintér, O.-Saláta, D.-Házi, J.-Tóth, A.-Wichmann, B.-Penksza, K. (2011): Change of composition and diversity of species and grassland management between different grazing intensity in Pannonian dry and wet grasslands. *Appl. Ecol. Env. Res.* 9: 197-230.
- Kovács-Láng, E.-Szabó, M. (1971): Changes of soil humidity and its correlation to phytomass production in sandy meadow associations. – *Annal. Univ. Sci. Budapestinensis, Sect. Biol.* 13: 115-126.
- Molnár, Z. (2003): Dry sand vegetation of the Kiskunság. *Természet BÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest*: 159. pp.
- Nosek, J. (1986): Spatial processes in a grassland community. *V. Acta Bot. Hung.* 32: 97-108.
- Pándi, I.-Penksza, K.-Botta-Dukát, Z.-Kröel-Dulay, Gy. (2014): People move but cultivated plants stay: Abandoned farmsteads support the persistence and spread of alien plants. *Biodivers. Conserv.* 23: 1289-1302.
- Penksza, K. (2003): *Festuca pseudovaginata*, a new species from sandy areas of the Carpathian Basin. *Acta Bot. Hung.* 45: 356-372.
- Penksza, K.-Szentés, Sz.-Házi, J.-Tasi, J.-Bartha, S.-Malatinszky, Á. (2009): Grassland management and nature conservation in natural grasslands of the Balaton Uplands National Park, Hungary. *Grassl. Sci. Eur.* 15: 512-515.
- Pócs T. (1954): A rákoskeresztúri „Akadémiai erdő” vegetációja. *Bot. Közlem.* 45: 283-294.
- Podani, J. (1997): Syn-Tax 5.1: New version for PC and Macintosh computers. *Coenoses* 12:149-152.
- Podani, J. (2001). SYN-TAX IV. Computer programs for data analysis in ecology and systematics. In: Feoli, E.-Orlóczi, L. (szerk.): *Computer assisted vegetation analysis*, Chapter 39: 437-452. Springer, Berlin
- Prach, K.-Pyšek, P.-Šmilauer, P. (1997): Changes in species traits during succession: A search for pattern. *Oikos* 79: 201-205.
- Prach, K.-Bartha, S.-Joyce, C. B.-Pyšek, P.-Van Diggelen, R.-Wiegand, G. (2001): The role of spontaneous vegetation succession in ecosystem restoration: A perspective. *Appl. Veg. Sci.* 4: 11-114.
- Prach, K.-Lepš, J.-Rejmánek, M. (2007): Old Field Succession in Central Europe: Local and Regional Patterns. In: Cramer, V. A.-Hobbs, R. J. (szerk.): *Old fields: dynamics and restoration of abandoned farmland:180-202*. Island Press, Washington, DC.
- Šmarda, P.-Šmerda, J.-Knoll, A.-Bureš, P.-Danilhelka, J. (2007): Revision of Central European taxa of *Festuca* ser. *Psammophilae* Pawlus: morphometrical, karyological and AFLP analysis. *Plant Syst. Evol.* 266: 194-232.
- Stefanovits P. (1992): *Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest*: 379.
- Szentés, Sz.-Dannhauser, C.-Coetzee, R.-Penksza, K. (2011): Biomass productivity, nutrition content and botanical investigation of Hungarian Grey cattle pasture in Tapolca basin. *Anim. Welf., Ecol. Tartástechnol.* 7: 180-198.
- Szentés, Sz.-Sutyinszki, Zs.-Szabó, G.-Zimmermann, Z.-Házi, J.-Wichmann, B.-Hufnagel, L.-Penksza, K.-Bartha, S. (2012): Grazed Pannonian grassland beta- diversity changes due to C4 yellow bluestem. *Cent. Eur. J. Biol.* 7: 1055-1065.
- Szujkóné Lacza, J.-Kováts, D. (1993): *The Flora of the Kiskunság National Park*. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest: 469. pp.
- Tasi J.-Halász A. (2015): Gyephasznosítás különböző állatfajokkal és hasznosítási típusokkal. *Értékkáll Aranykorona* 15 (2): 28-30.
- Tasi J.-Bajnok M.-Halász A.-Marks I.-Penksza K. (2016): Az ökológiai mutatók és a jelzőnövények ismeretének jelentősége a gyepgazdálkodásban. I. rész: A talaj vízháztartása és kémhatása. *Gyepgazdálkodási Közlemények* 14 (2): 49-54.
- Tälle, M.-Deák, B.-Poschlod, P.-Valkó, O.-Vesterberg, L.-Mülberg, P. (2016): Grazing vs. mowing: a meta-analysis of biodiversity benefits for grassland management. *Agric. Ecosys. Environ.* 15: 200-212.
- Tölgyesi Cs. (2016): Gyepközösségek közötti ökotonok dinamikája egyirányú és fluktuáló vízállapotváltozás mellett. PhD értekezés, Szeged: 94. pp.
- Tölgyesi, Cs.-Körmöczi, L. (2012): Structural changes of a Pannonian grassland plant community in relation to the decrease of water availability. *Acta Bot. Hung.* 54 (3- 4): 413-431.
- Tölgyesi, Cs.-Bátori, Z.-Erdős, L. (2014): Using statistical tests on relative ecological values to compare vegetation units – different approaches and weighting methods. *Ecol. Indic.* 36: 441-446.
- Tölgyesi, Cs.-Bátori, Z.-Erdős, L.-Gallé, R.-Körmöczi, L. (2015): Plant diversity patterns of a Hungarian steppe-wetland mosaic in relation to grazing regime and land use history. *Tuexenia* 35: 399-416.
- Török, P.-Matus, G.-Papp, M. (2009): Seed bank and vegetation development of sandy grasslands after goose breeding. *Folia Geobot.* 44: 31-46.
- Török, P.-Kelemen, A.-Valkó, O.-Deák, B.-Lukács, B.-Tóthmérész, B. (2011): Lucerne-dominated fields recover native grass diversity without intensive management actions. *J. Appl. Ecol.* 48: 257-264.

- Török, P.-Valkó, O.-Deák, B.-Kelemen, A.-Tóthmérész, B. (2014): Traditional cattle grazing in a mosaic alkali landscape: Effects on grassland biodiversity along a moisture gradient. *PLoS ONE* e97095.
- Troiani, N.-Tardella, F. M.-Malatesta, L.-Corazza, M.-Ferrari, C.-Catorci, A. (2016): Long-term cropland abandonment does not lead per se to the recovery of semi-natural herb communities deemed habitats of community interest. *Acta Bot. Croatica* 75: 226-235.
- Vadász, Cs.-Máté, A.-Kun, R.-Vadász-Besnyői, V. (2016): Quantifying the diversifying potential of conservation management systems: An evidence-based conceptual model for managing species-rich grasslands. *Agric. Ecosys. Environ.* 234: 134-141.
- Valkó, O.-Zmihorski, M.-Biurrun, I.-Loos, J.-Labadessa, R.-Venn, S. (2016a): Ecology and conservation of steppes and semi-natural grasslands. *Hacquetia* 15: 5-14.
- Valkó, O.-Deák, B.-Török, P.-Kelemen, A.-Miglécz, T.-Tóth, K.-Tóthmérész, B. (2016b): Abandonment of croplands: problem or chance for grassland restoration? Case studies from Hungary. *Ecosys. Health Sustain.* 2: e01208.
- Valkó, O.-Deák, B.-Török, P.-Kelemen, A.-Miglécz, T.-Tóthmérész, B. (2017): Filling up the gaps – Passive restoration does work on linear landscape scars. *Ecol. Eng.* 102: 501-508.
- Zuur, A.-Ieno, E. N.-Walker, N.-Saveiliev, A. A.-Smith, G. M. (2009): *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer, New York: 574. pp.