

TÁPANYAGELLÁTÁS HATÁSA 12 ÉVES TELEPÍTETT GYEP PRODUKCIÓJÁRA ÉS FAJÖSSZETÉTELÉRE A MEZŐFÖLDÖN

KÁDÁR Imre¹, RAGÁLYI Péter¹, SZEMÁN László², CSONTOS Péter^{*}

¹MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, 1022 Budapest, Herman O. út 15.

²Szent István Egyetem Gyepgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.

^{*}levelező szerző: cspeter@rissac.hu

Kulcsszavak: vegyesfűvű telepített gyepek, NPK műtrágyázás, tartamkísérlet, termés, botanikai összetétel

Összefoglalás: Egy műtrágyázási kísérlet 39. évében, 2012-ben vizsgáltuk az eltérő N, P, K, ellátottsági szintek és kombinációik hatását a *Festuca pratensis* vezérnövényű, nyolckomponensű pillangós nélküli gyepekverék 12. évének termésére és botanikai összetételére. A termőhely talaja a szántott rétegben 3% humuszt, 3–5% CaCO₃-ot és 20–22% agyagot tartalmazott, N és K elemekben eredetileg közepesen, P és Zn elemekkel viszonylag gyengén ellátottnak minősült. A kísérlet 4N×4P×4K = 64 kezelést, 2 ismétlést, azaz összesen 128 parcellát foglal magában. A talajvíz 13–15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. A vizsgált 2012. évben a kaszálásig (június 7-ig) összesen 123 mm csapadék hullott. Az előregedő gyepek sarjút nem képzett, második kaszálást nem adott. Megállapítottuk, hogy a tartamkísérlet 39. illetve a telepített gyepek 12. évében a N és a N×P, N×K trágyázás eredményeképpen kifejezetten nőtt a pázsitfű fajok versenyképessége a gyomfajok, illetve az előforduló pillangósok rovására. Döntőnek azonban a N-hatások bizonyultak mind a borítottsági százalékokat, mind a növényállomány átlagos magasságát, mind a szénaterméket illetően. A legbőségebb és a legkisebb N×P×K ellátottságú kezeléseket az alábbi minimum-maximum adatok jellemezték az állományt: átlagos növénymagasság 10–70 cm, légszáranyag 40–58%, zöldtömeg 1,4–9,8 t·ha⁻¹, szénatermés 0,6–4,8 t·ha⁻¹. A pillangós fajok számottevő megjelenése csak a N-kontroll parcellákon volt tapasztalható. A felmérés során összesen 8 fűfajt, továbbá 6 pillangós és 39 nem pillangós egyéb fajt azonosítottunk. A 12 évvel ezelőtt elvetett 8 fűfajból jelentősebb arányban az *Agropyron pectinatum* és a *Festuca arundinacea*, nyomokban (1% alatt) a *Dactylis glomerata*, valamint a *Phalaris arundinacea* maradtak meg. A *Bromus inermis* betelepült fajként 14,3% átlagos borítottságot ért el.

Bevezetés

Első munkánkban ismertettük részletesen a kísérletünk jelentőségét, módszerét, körülményeit, illetve a gyeptrágyázással összefüggő fontosabb hazai és külföldi forrásokat. Bemutattuk az eltérő tápláltsági szintek és kombinációik hatását a telepített gyepek fejlődésére, első évének termésére, N-felvételére és a N-műtrágyák hasznosulására (KÁDÁR 2004a). Második közleményünk a takarmányérték vizsgálat módszertanát, irodalmát, valamint a gyepszéna minőségének változásait a tápláltsági szintek függvényében tekintette át (KÁDÁR és GYŐRI 2004). Külön dolgozat taglalta a széna fontosabb makro- és mikroelemeinek akkumulációját, a lehetséges kölcsönhatásokat az egyes elemek felvétele során. A nemzetközi és a hazai irodalom bázisán értékelte azokat a diagnosztikai optimumokat, melyek a növénytáplálás, illetve a takarmányozás számára iránymutatóak lehetnek (KÁDÁR 2004b).

Vizsgáltuk a gyepszéna makro- és mikroelemeinek felvételét a tápláltsági szituáció függvényében, amely alapján tápanyagmérleg is számítható. Meghatároztuk az 1 t széna képződéséhez szükséges átlagos fajlagos elemigényt, mely a tudományosan megalapozott trágyázási szaktanácsadás alapjául szolgálhat. Hasonló átfogó, 20–25 elemre kiterjedő elemforgalmi vizsgálatok a hazai szakirodalomban hiányoztak. A takarmányozástannal foglalkozó tudomány fejlődését is érintve, értékeltük a műtrágyázás hatását a gyepek

aminosav tartalmára és hozamára. Bemutattuk, hogy a kiegyensúlyozatlan ásványi táplálás, illetve műtrágyahasználat milyen mérvű egyensúlytalanságot hozhat létre az egyes aminosav párok között a fellépő antagonizmusok nyomán (KÁDÁR és GYÓRI 2005).

A kísérlet 2. évének nagytömegű adatát külön értékeltük a termés és elemösszetétel, az ásványi elemforgalom, valamint a minőség és tápanyaghozam tekintetében (KÁDÁR 2006a,b,c). A kísérlet 3. évről szóló közleményünk a hiányos, optimális és túlsúlyos vagy egyoldalú ásványi táplálás hatásait mutatta be a gyepszéna termésére, minőségi jellemzőire, elemösszetételére és elemforgalmára (KÁDÁR 2007a). A 4. éves műtrágyahatások eredményeit is közöltük, áttekintve a termés és az ásványi összetétel valamint az elemforgalom alakulását (KÁDÁR 2007b). Az 5–7. év adatait szintén összefoglaltuk (KÁDÁR et al. 2011; KÁDÁR és RAGÁLYI 2011).

Ami a botanikai összetételt illeti, jelentős módosulások történtek az évek és a műtrágyázás függvényében. A kísérlet 9. évére az elvetett 8 komponensből jelentősebb borítást (csökkenő sorrendben) 3 fűfaj ért el: *Festuca arundinacea*, *Agropyron pectinatum* és *Dactylis glomerata*. A *Phalaris arundinacea* már az 1. évben sem tudott 1% feletti borítást elérni. A kísérlet 3. évében kipusztult a réti komócsin (*Phleum pratense*), 5. évben az angolperje (*Lolium perenne*), 6. évben a *Festuca pratensis* és a *F. rubra*. Közben a gyomborítás 6%-ra emelkedett és 14%-ot ért el a betelepült árva rozsnok (*Bromus inermis*), az összes növényborítás pedig a kezdeti 99%-ról 64%-ra csökkent. A *Festuca arundinacea* a 0 és a 100 kg/ha/év N-kezelésben 45–46% borítottságot ért el, az e feletti N-adagnál részaránya 10% alá süllyedt. A taréjos búzafűnél a 200–300 kg/ha/év N-adagnál 26–28% volt a borítás, míg a N-kontroll parcellán e faj nem is jelent meg. A betelepült *B. inermis* minden tápláltsági szituációban 10% felett volt képviselve, míg a *D. glomerata* elenyésző 3% borítást jelzett (SZEMÁN et al. 2010). Jelen munkánk a 12. kísérleti év eredményeit tárgyalja.

Anyag és módszer

A kísérletet 1973 őszén állítottuk be Mezőföldön, a MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet nagyhorcsóki kísérleti telepén. A termőhely löszön képződött mészlepedékes csernozjom talaja a szántott rétegben mintegy 3–5% CaCO_3 -ot és 3% humuszt tartalmazott a kísérlet beállításakor. A pH(KCl) 7,3, az AL- P_2O_5 60–80 mg/kg, AL- K_2O 140–160 mg/kg, KCl-oldható Mg 150–180 mg/kg. Ami a KCl+EDTA-oldható mikroelemeket illeti a Mn 80–150 mg/kg, a Cu 2–3 mg/kg, a Zn 1–2 mg/kg értékkel jellemezhető. A hazai szaktanácsadásunkban irányadó határértékek alapján ezek az adatok igen jó Mn, kielégítő Mg és Cu, közepes N és K, valamint gyenge P és Zn ellátottságról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen található, a kísérleti terület aszályérzékeny.

A N-t megosztva, felét ősszel, felét áprilisban alkalmaztuk pétisó formájában 0, 100, 200, 300 kg/ha/év N-adagban. A P és K trágyázás 0, 500, 1000, 1500 kg/ha P_2O_5 illetve K_2O adaggal történt, 5–10 évente ismételve a feltöltést a gyeptelepítést megelőző években. Legutóbb 1999 őszén végeztünk PK feltöltő trágyázást. A N, P és K műtrágyákat 4–4 szinten adagolva 1973 őszén minden lehetséges kombinációban beállítottuk $4\text{N}'4\text{P} = 16'4\text{K} = 64$ kezelést és minden kombinációban 2 ismétlést alkalmazva, azaz összesen 128 parcellában. A parcellák területe 36 m², oldalhosszúsága 6 m, elrendezésük kevert faktoriális. A kísérleti terv, illetve az alkalmazott műtrágyázás lehetővé tette, hogy

valamennyi olyan tápláltsági állapotot (gyenge, közepes, kielégítő, túlzott) és azok változatait létrehozuk, amelyek a gyakorlatban is előfordulnak, vagy táblaszinten a jövőben előfordulhatnak.

A 39 év alatt 0, 3900, 7800, 11700 kg/ha N-t használtunk fel. A növények által fel nem vett N 40-60%-át $\text{NO}_3\text{-N}$ formában tudtuk korábban kimutatni a túl trágyázott talajon. Az időnként végzett mélyfúrásaink szerint a $\text{NO}_3\text{-N}$ 20–30 cm/év sebességgel szivároghat lefelé, a kísérlet 17. illetve 22. éve után a bemosódás mélysége elérte e termőhelyen a 6 m mélységet (KÁDÁR és NÉMETH 1993; NÉMETH és KÁDÁR 1999). Megemlítjük, hogy 2001-ben az 1 éves gyep alatt a feltalaj $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete drasztikusan lecsökkent, még a 300 kg/ha/év N kezelésekben is, ami jelentős részben a növénybe épült hatalmas N-mennyiségekre vezethető vissza. A két kaszálással felvett N földfeletti mennyisége megközelítette a 400 kg/ha tömeget. Akár hasonló lehetett a gyökerekbe épült N mennyisége is.

A 39 év alatt 0, 1500, 3000, 4500 kg/ha P_2O_5 illetve 2500, 5000, 7500 kg/ha K_2O felhasználásra került sor, mely tükröződik a feltalaj ammóniumlaktát-oldható PK-készletén. Egyaránt megtalálható a gyenge, közepes, igen jó és a káros P-ellátottság. Hasonló a helyzet a talaj mobilis K-készletét illetően. Talajvizsgálatokat 2010 őszén végeztünk. A kísérletben alkalmazott kezeléseket és a talaj szántott rétegének oldható elemtartalmát az 1. táblázat tekinti át. A kísérlet növényi sorrendje a 2. táblázatban tanulmányozható.

1. táblázat. Kezelések (a-d) és hatásuk a talaj szántott rétegének AL-oldható P- és K-tartalmára (e-f) 2010-ben.

Table 1. Fertilizer treatments (a-d) and their effects on the AL-soluble P and K contents (e-f) in the ploughed layer of the soil, in 2010.

Műtrágyázás és talajvizsgálat	Kezelési szintek				SzD _{5%}
	0	1	2	3	
(a) N kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹	0	100	200	300	
(b) N kg·ha ⁻¹ ·39év ⁻¹	0	3900	7800	11700	
(c) P ₂ O ₅ kg·ha ⁻¹ ·39év ⁻¹	0	1500	3000	4500	
(d) K ₂ O kg·ha ⁻¹ ·39év ⁻¹	0	2500	5000	7500	
(e) AL ⁺ -P ₂ O ₅ mg·kg ⁻¹	82	201	374	600	65
(f) AL ⁺ -K ₂ O mg·kg ⁻¹	131	174	240	301	34

*AL= ammónium-laktát oldható foszfor ill. kálium

A gyep telepítését a spenót betakarítása után 2000. szeptember 20-án végeztük el 8 komponensből álló gyepvetőmag keverékével. A vetőmag a Szarvasi Gyepnemesítő Telep (Bikazug) 1999. évi terméséből származott. A viszonylag sok komponens azt a célt szolgálta, hogy kellő borítottság alakulhasson ki és tájékozódjunk arról, mely fajok alkalmasak e termőhelyre.

Az alkalmazott fűmag keverék adag 60 kg/ha volt, amelynek 25%-át (15 kg) a réti csenkesz (*Festuca pratensis*); 21–21%-át (12,6 kg) a nádképi csenkesz (*Festuca arundinacea*) és az angolperje (*Lolium perenne*); 9%-át (5,4 kg) a taréjos búzafű (*Agropyron cristatum*), valamint 6–6%-át (3,6 kg) a vörös csenkesz (*Festuca rubra*), a réti komócsin (*Phleum pratense*), a zöld pántlikafű (*Phalaris arundinacea*) és a csomós ebir

(*Dactylis glomerata*) tette ki (3. táblázat). A vetőmagkeverék fajonkénti tömegéből, a fajok ezerszemtömege alapján meghatároztuk az egyes gyepalkotók telepítés után várható növényállomány arányát, amit szintén a 3. táblázat mutat be. A vezérnövény virágzása előtti, bimbózási stádiumban évente általában 2–2 kaszálást végeztünk, míg a szárazabb években csak egy kaszálásra került sor. A parcellák sávok elrendezése miatt várható szegélyhatás kiküszöbölése érdekében egy adott parcellának a szomszédos parcellákkal érintkező két átellenes oldaláról 1,4 m-eket elhagytunk, így 3,2'6 m² nettó parcellaterületeket értékeltünk. Ily módon az eke általi korábbi talajáthordás hatását is kizártuk.

2. táblázat. Növényi sorrend a kísérletben 1974–2013 között.
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)
Table 2. Cultivated plants on the experimental field between years 1974 and 2013.
(Basiphil chernozem soil, Nagyhörcsök, Hungary)

N ^o	Évek (1)	Kísérleti növény (2)	N ^o	Évek (1)	Kísérleti növény (2)
1.	1974	Búza	21.	1994	Sárgarépa
2.	1975	Búza	22.	1995	Rozs
3.	1976	Kukorica	23.	1996	Köles
4.	1977	Kukorica	24.	1997	Bab
5.	1978	Burgonya	25.	1998	Olaszperje
6.	1979	Őszi árpa	26.	1999	Olaszperje
7.	1980	Zab	27.	2000	Spenót
8.	1981	Cukorrépa	28.	2001	Gyep
9.	1982	Napraforgó	29.	2002	Gyep
10.	1983	Mák	30.	2003	Gyep
11.	1984	Repce	31.	2004	Gyep
12.	1985	Mustár	32.	2005	Gyep
13.	1986	Sörárpa	33.	2006	Gyep
14.	1987	Olajlen	34.	2007	Gyep
15.	1988	Szója	35.	2008	Gyep
16.	1989	Rostkender	36.	2009	Gyep
17.	1990	Borsó	37.	2010	Gyep
18.	1991	Tritikále	38.	2011	Gyep
19.	1992	Cirok	39.	2012	Gyep
20.	1993	Silókukorica	40.	2013	Gyep

Kaszálásonként és parcellánként rendszeresen mértük a növényállomány magasságát. A gyepet alkotó fajok százalékos borításbecslését SZEMÁN László, CSONTOS Péter és RAGÁLYI Péter végezték, 2012. május 30-án. A friss széna tömegét közvetlenül a kaszálás után parcellánként lemértük, majd azoknak mintegy 10%-át kitevő részmintáit súlyállandósáig szárítottuk, majd tömegét ismét megmértük.

A telepítés előtt, majd 2005-ben és 2010-ben talajmintákat vettünk a szántott rétegből parcellánként 20–20 pontminta/lefűrés egyesítésével. A mintákban meghatároztuk a NH_4 -acetát+EDTA-oldható makro- és mikroelemeket LAKANEN és ERVIÖ (1971), valamint az NH_4 -laktát-oldható PK tartalmat EGNÉR et al. (1960) szerint.

3. táblázat. A kísérletben elvetett fűmagkeverék összetétele (Nagyhörcsök, Mezőföld)

Table 3. Species composition of the mixed-grass seed (1) sown in September, 2000; (2) seed mass per species (kg/ha); (3) percentage share of species based on thousand-seed-weight; (4) total.

Fűmagkeverék összetevői, komponensek (1)	Vetett mag kg/ha (2)	Ezermagtömeg szerinti fajarány % (3)
Réti csenkesz (<i>Festuca pratensis</i>)	15,0	18
Nádképu csenkesz (<i>Festuca arundinacea</i>)	12,6	12
Angolperje (<i>Lolium perenne</i>)	12,6	13
Taréjos búzafű (<i>Agropyron pectinatum</i>)	5,4	6
Vörös csenkesz (<i>Festuca rubra</i>)	3,6	8
Réti komócsin (<i>Phleum pratense</i>)	3,6	19
Zöld pántlikafű (<i>Phalaris arundinacea</i>)	3,6	15
Csomós ebír (<i>Dactylis glomerata</i>)	3,6	9
Összesen (4)	60,0	100

Csapadékellátottság tekintetében, a vizsgált 2012. év száraznak mondható. Az éves csapadék összege 376 mm-t tett ki, ami a telepen mért 540 mm 50 éves átlagnál 164 mm-rel kevesebb volt. Januárban 21, februárban 7, márciusban 0, áprilisban 23, májusban 71 mm eső esett. A kaszálás idejéig (június 7-ig) tehát 123 mm csapadékot kapott az állomány. A száraz nyár és őszi eredményeképpen további kaszálásokra nem került sor.

Az adatokat többtényezős variancia-analízissel értékeltük, az eltéréseket $p < 0,05$ fennállása esetén tekintettük szignifikánsnak.

Eredmények és megvitatásuk

A botanikai összetételt, a gyomosodást, valamint az előforduló gyomfajok számát döntően a N-ellátás módosította. Eredményeinket a 4. táblázat foglalja össze.

Amint az adatokból látható, a legnagyobb átlagos borítást 22,4%-kal az *Agropyron cristatum* adta. A gyepek telepítésekor 2000 szeptemberében ez a faj a keverékben 6%-ot képviselt. Tehát előretört. Rendkívül N-igényes, a N-kontroll talajon előfordulása esetleges, míg a N-bőség hatására borítása két nagyságrenddel emelkedik és közel 39%-ot ér el. Ezt követi a *Bromus inermis*, melynek borítása 7%-ról 20%-ra nőtt a N-kínálat emelkedésével. Betelepült faj, a vetéskori keverékben nem szerepelt. Szintén N-kedvelő fű, amit korábbi vizsgálatok is igazolnak (BARCSÁK et al. 1983, CSERNAI és TASI 1996). A *F. arundinacea* tartotta pozícióját, a vetéskori keverékben 12%-ot képviselt, mely megfelel a 2012. évben mért átlagos borításnak. Mérsékelten N-igényes faj. A 100 kg·ha⁻¹·év⁻¹ adagnál kerekén 27%-os maximális borítást jelez, míg a N-kontrollon ez a borítás 10, a N-túlsúly esetén 4%-ra esik vissza.

4. táblázat. N-ellátottság hatása a 12. éves gyeptermetés botanikai összetételére 2012.05.30-án (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Table 4. Effects of N-fertilization on the species composition of the sown mixed-grass hay field after 12 years of establishment, near Nagyhorcsók, Hungary. (Sampling was made on May 30, 2012)

Vizsgált jellemzők	N-trágyázás, N kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
Pázsitfű fajok borítása, %						
1. <i>Agropyron pectinatum</i>	0,4	12,5	38,2	38,7	3,2	22,4
2. <i>Bromus inermis</i>	6,9	14,1	16,3	20,1	3,8	14,3
3. <i>Festuca arundinacea</i>	9,9	26,9	5,7	4,2	4,2	11,7
4. <i>Dactylis glomerata</i>	0,4	1,4	0,5	0,5	0,8	0,7
5. <i>Phalaris arundinacea</i>	0,0	0,0	0,2	0,5	0,4	0,2
Összesen	17,6	54,9	60,9	64,0	4,2	49,3
Nem pillangós gyomok borítása, %						
1. <i>Cerastium spp.</i>	9,8	3,8	1,5	1,3	1,3	4,1
2. <i>Concolvulus arvensis</i>	2,4	3,4	4,4	5,3	1,8	3,9
3. <i>Crepis rhoadifolia</i>	8,0	0,7	0,0	0,0	2,3	2,2
4. <i>Conyza canadensis</i>	2,1	2,0	0,4	0,3	1,3	1,2
5. <i>Bromus tectorum</i>	0,4	1,5	0,0	0,0	1,2	0,5
6. <i>Capsella bursa-pastoris</i>	0,3	1,1	0,2	0,0	1,1	0,4
7. <i>Stenactis strigosa</i>	0,7	0,3	0,0	0,0	0,4	0,3
Összesen	26,2	14,0	8,0	8,0	4,2	3,4
Pillangós fajok borítása, %						
1. <i>Medicago lupulina</i>	10,1	0,0	0,0	0,0	2,4	2,5
2. <i>Lathyrus tuberosus</i>	1,3	0,0	0,0	0,0	1,3	0,3
3. <i>Astragalus cicer</i>	0,9	0,0	0,0	0,0	1,3	0,2
4. <i>Coronilla varia</i>	0,7	0,0	0,0	0,0	0,5	0,2
5. <i>Vicia cracca</i>	0,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,2
Összesen	13,7	0,0	0,0	0,0	4,2	3,4
Teljes borítás	57,5	68,9	68,9	72,0	4,4	66,8

Megjegyzés: A kísérleti parcellákon összesen 8 fűfajt és 45 egyéb fajt azonosítottunk.

A. D. glomerata borítása a vetéskori 9%-ról 0,7%-ra, míg a *Phalaris arundinacea* borítása a vetéskori 15%-ról 0,2%-ra esett vissza. A réti csenkesz, angolperje, vörös csenkesz és a réti komócsin fajok pedig eltűntek már a kísérlet 5. évének végére. Ezek a változások a műtrágya kezelések hatásai mellett jelentős mértékben összefüggnek a telepített gyeptermetés meginduló természetes szukcessziós folyamatokkal is, melynek következtében a vetett fűfajok társításával kialakított gyeptermetés az évek előrehaladtával sokfajú társulássá alakul át. Jó példát szolgáltat erre az a svájci kísérletsorozat, amelyben hatféle gyeptermetés hatását vizsgálva 22 éven át, megállapítást nyert a fajkészlet jelentős megváltozása mind-

egyik mintaterületen (KÖHLER et al. 2005). Szintén a vetett fűfajok kiszorulását figyelték meg HARCZA és mtsai. (2009) egy nyolc éves gyepkísérlet esetén.

Mindazonáltal, kísérletünkben a túlélő gyepfajok együttes borítása a N-kontrollon mért 18%-ról 64%-ra emelkedik a N-bősséggel (4. táblázat).

A kísérletben 39 nem pillangós gyomfajt azonosítottunk. (A feltételes és a feltétlen gyomfajokat (ld. pl. BAJNOK et al. 2000) jelen munkánkban egy csoportban tárgyaltuk.) A 0,3% borítást elérő, nem pillangós hét gyomfajt vizsgálva megállapítható, hogy a madárhúr (*Cerastium spp.*) kereken 10%, a *Crepis rheadifolia* 8%, a *Convolvulus arvensis* és a *Conyza canadensis* 2% körüli borítást jelez a N-kontroll talajon fejlődő gyepben. A 39 gyomfaj borítása együtt a N-kontroll talajon 26, a közepesen ellátottn 14, míg a N-nel jól ellátottn 8%-ot ért el. Eredményeink összhangban állnak OLFF és BAKKER (1991) megfigyelésével, mely szerint a műtrágyázás elmaradása esetén a fűvek helyére kétszikű fajok nyomultak be, mind az évi 1, mind pedig az évi 2 kaszálással kezelt mintaterületeken. A pillangós gyomfajok megjelenése csak a N-hiányos kezelésben érdemi. Meghatározó a komlós lucerna (*Medicago lupulina*) térhódítása 10%-kal, együttes borításuk 13,7%-ot mutat. A teljes növényborítás a N-kontroll kezelésben kereken 58%, mely a N-bősséggel 72%-ra nő. Összességében megállapítható, hogy a N-trágyázás döntően a pázsitfű fajok versenyképességét segíti a gyomfajok, illetve a pillangósok rovására (4. táblázat). Egy hazai löszgyep rövidtávú NPK műtrágyázása hatására szintén megfigyelhető volt a fűvek előretörése a kétszikű fajokkal szemben (CZÓBEL et al. 2013)

A talaj javuló P-kínálatával nőtt az *A. pectinatum* és a *B. inermis* borítása (5. táblázat).

5. táblázat. Statistikailag igazolható változások a gyep botanikai összetételében a P és K ellátottság nyomán (2012. 05. 30-án felvételezett adatok alapján).

Table 5. Statistically supported differences in the species proportions caused by different levels of P and K fertilizations in the experimental grassland near Nagyhorcsók, Hungary (sampling was made on May 30, 2012).

Vizsgált összetevők	AL-oldható P_2O_5 mg·kg ⁻¹				SzD _{5%}	Átlag
	82	201	374	600		
Pázsitfű fajok borítása, %						
1. <i>Agropyron pectinatum</i>	15,0	21,5	26,3	26,9	3,2	22,4
2. <i>Bromus inermis</i>	10,1	15,3	15,1	16,8	3,8	14,3
3. <i>Festuca arundinacea</i>	16,0	9,9	12,2	8,5	4,2	11,7
Gyomborítás, %						
1. <i>Cerastium spp.</i>	4,9	4,5	3,4	3,5	1,3	4,1
2. <i>Convolvulus arvensis</i>	6,8	3,4	2,5	2,7	1,8	3,9
Vizsgált összetevők	AL-oldható K_2O mg·kg ⁻¹				SzD _{5%}	Átlag
	131	174	240	301		
Pázsitfű fajok borítása, %						
1. <i>Bromus inermis</i>	10,9	13,6	14,2	19,2	3,8	14,3
2. <i>Festuca arundinacea</i>	9,3	10,4	12,7	14,4	4,2	11,7
Gyomborítás, %						
1. <i>Cerastium spp.</i>	5,2	4,6	3,2	3,5	1,3	4,1

Tehát e két fűfaj nemcsak N-igényesnek, hanem egyidejűleg P-igényesnek is bizonyult. Ezzel szemben a *F. arundinacea* kifejezetten igénytelen volt a talaj P-kínálatával szemben. Fejlett gyökérrendszere révén a P-hiányos talajon is képes kielégíteni P-igényét, ilyen körülmények között versenyképes faj. Statisztikailag igazolható volt a madárhúr és az apró szulák gyomfajok visszaszorulása a növekvő P-kínálattal. A K-trágyázás a *B. inermis* és a *F. arundinacea* fűfajok borítottságát emelte, míg egy gyomfaj, a madárhúr esetében annak előfordulását mérsékelte. Összefoglalóan arra a következtetésre juthatunk, a N-nél elmondottakhoz hasonlóan, hogy a P- és K-trágyázás segítheti némely pázsitfű faj előretörését egy-egy gyomfaj rovására (5. táblázat).

A 6. táblázatban az N×P kölcsönhatásokat, illetve az általuk indukált változások mértékét tanulmányozhatjuk a jelentősebb borítású pázsitfű fajok, illetve gyomok vonatkozásában. Az NP-kontrollhoz viszonyítva az *A. pectinatum* borítása a bőséges N'P-kínálattal két nagyságrenddel ugrott meg. Az árva rozsnoknál az N'P együttes trágyázás egy nagyságrendbeli emelkedést eredményezett. Megjegyzendő, hogy a *B. inermis* tiszta állományát vizsgálva BARCSÁK és mtsai. (1983) a N mellé adagolt K hozamfokozó hatását mutatták ki. A *F. arundinacea* előfordulásában akár 30-szoros eltérések lehettek fel az N'P ellátottsági szituáció nyomán. Mind az alul-, mind a túlkínálat depresszív hatású. A madárhúr az együttes NP-túlsúly nyomán eltűnik. Az apró szulák borítását a N növeli, a P mérsékli mintegy 4-szeres eltéréseket előidézve.

6. táblázat. N'P műtrágyázás együttes hatása némely fűfaj és gyomfaj borítási %-ára (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Table 6. Combined effects of N and P fertilizations on the percentage cover of some grass and weed species in the experimental grassland near Nagyhörcsök, Hungary.

AL-P ₂ O ₅ mg·kg ⁻¹	N-trágyázás, N kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
Taréjos búzafű (<i>Agropyron pectinatum</i>)						
82	0,1	9,0	24,4	26,6	6,4	15,0
201	0,6	12,3	33,8	39,4		21,5
374	0,1	11,9	46,3	46,9		26,3
600	0,6	16,9	48,4	41,9		26,9
Átlag	0,4	12,5	38,2	38,7		3,2
Árva rozsnok (<i>Bromus inermis</i>)						
82	5,6	8,3	12,9	13,8	7,6	10,1
201	8,1	10,5	23,4	19,4		15,3
374	8,8	15,9	13,9	21,9		15,1
600	5,0	21,9	14,9	25,5		16,8
Átlag	6,9	14,1	16,3	20,1		3,8
Nádképző csenkesz (<i>Festuca arundinacea</i>)						
82	10,1	31,9	10,9	11,3	8,4	16,0
201	8,3	24,5	4,1	2,9		9,9
374	13,1	29,0	5,1	1,6		12,2
600	8,1	22,3	2,8	1,0		8,5
Átlag	9,9	26,9	5,7	4,2		4,2

Madárhúr (<i>Cerastium spp.</i>)						
82	9,0	3,6	3,6	3,5		4,9
201	12,0	3,8	1,0	1,4	2,6	4,5
374	8,9	3,4	0,9	0,5		3,4
600	9,5	4,2	0,4	0,0		3,5
Átlag	9,8	3,8	1,5	1,3	1,3	4,1
Apró szulák (<i>Convolvulus arvensis</i>)						
82	3,9	5,5	7,6	10,2		6,8
201	2,4	2,9	4,0	4,5	3,6	3,4
374	0,8	1,9	3,8	3,6		2,5
600	2,6	3,2	2,1	2,9		2,7
Átlag	2,4	3,4	4,4	5,3	1,8	3,9

A gypállomány átlagos magasságát a N-kínálat döntően befolyásolta, 15 cm-ről 61 cm-re növelte, megnégyszerezte (7. táblázat). Ezzel együtt hasonló módon emelkedett a zöld- és a szénatermés. Ugyanitt 10%-kal nőtt a légszáranyag a zöldtermésben. A talaj vízkészletét a nagy tömegű termés gyorsabban kimerítette a N-kezelésekben, így a növényállomány gyorsabban száradt. A P-kínálattal mérsékelten szintén nőtt a légszáranyag, valamint a zöld- és a szénatermés. A K-kínálattal a termések szintén igazolhatóan nőttek, míg a légszáranyag százaléka visszaesett. Érvényesült a K fiatalító, vízmegőrző hatása, mely a növényi szövetek aktívabb élettani működésére is utal (7. táblázat).

7. táblázat. A N-, P- és K-ellátás hatása a gyep fejlődésére és termésére 2012.06.07-én (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Table 7. Effects of N, P and K fertilization on the development and hay production of the experimental grassland, near Nagyhorcsók, Hungary. (Hay was harvested on June 7, 2012.)

Vizsgált jellemzők	N-trágyázás, N kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
Magasság, cm	15	47	57	61	6	45
Zöld tömeg t·ha ⁻¹	1,9	4,6	6,5	7,1	0,4	5,0
Légszáranyag, %	41	49	52	51	2,4	48
Légszár szén t·ha ⁻¹	0,8	2,2	3,4	3,6	0,2	2,5
Vizsgált jellemzők	AL-oldható P ₂ O ₅ mg·kg ⁻¹				SzD _{5%}	Átlag
	82	201	374	600		
Zöld tömeg t·ha ⁻¹	4,2	5,4	5,3	5,1	0,4	5,0
Légszáranyag, %	45	49	49	51	3	48
Légszár szén t·ha ⁻¹	2,0	2,7	2,6	2,7	0,2	2,5
Vizsgált jellemzők	AL-oldható K ₂ O mg·kg ⁻¹				SzD _{5%}	Átlag
	131	174	240	301		
Zöld tömeg t·ha ⁻¹	4,5	4,7	5,2	5,6	0,4	5,0
Légszáranyag, %	50	48	49	46	3	48
Légszár szén t·ha ⁻¹	2,3	2,3	2,6	2,7	0,2	2,5

Megjegyzés: Az állomány magasságát a PK-ellátottság igazolhatóan nem módosította.

A zöld gyep légszáranyag tartalma az N:P kölcsönhatások eredőjeként 40–56%, a zöld tömeg 1,5–7,5 t·ha⁻¹, a szénahozam 0,6–4,0 t·ha⁻¹ közötti sávban változott (8. táblázat). Az N:K kölcsönhatásokat a légszáranyag-tartalomra, a zöld és a légszár termés tömegére, valamint a gyep átlagos magasságára a 9. táblázatban tanulmányozhatjuk. Megemlítjük, hogy az extrém N:P:K ellátottsági szituációkban a kapott minimum-maximum értékek az alábbiak voltak: átlagos növénymagasság 10–70 cm, légszáranyag 40–58%, zöldtömeg 1,4–9,8 t·ha⁻¹, szénatermés 0,6–4,8 t·ha⁻¹. Az általunk mért legmagasabb szénatermésekről elmondható, hogy a mérsékelt övi régióban közepes mennyiségűnek tekinthető. Például Ni (2004) tanulmányában – amely Kína széles területeit tekinti át – ennél jóval alacsonyabb, ill. magasabb értékek is megjelennek. Európai vonatkozásban az atlantikus régió gyepai szintén a nagyhőrcsökinél magasabb, 10 t·ha⁻¹ szénatermést értek el, míg a Mediterrán térség egyes gyepjeinek produkciója átlagosan csak 1,5 t·ha⁻¹ (SMIT et al. 2008).

8. táblázat. N×P kölcsönhatások vizsgálata 2012.06.07-én kaszáláskor (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhőrcsök, Mezőföld)

Table 8. Combined effects of N and P fertilization on the mixed-grass experimental hay field, near Nagyhőrcsök, Hungary. (Hay was harvested on June 7, 2012.)

<i>AL-P₂O₅</i> <i>mg·kg⁻¹</i>	<i>N-trágyázás, N kg·ha⁻¹·év⁻¹</i>				<i>SzD_{5%}</i>	<i>Átlag</i>
	<i>0</i>	<i>100</i>	<i>200</i>	<i>300</i>		
<i>Zöld tömeg, t·ha⁻¹</i>						
82	1,5	4,0	5,7	5,7	0,8	4,2
201	2,4	4,8	6,7	7,8		5,4
374	2,0	4,9	6,7	7,5		5,3
600	1,4	4,8	6,8	7,5		5,1
Átlag	1,9	4,6	6,5	7,1		0,4
<i>Légszáranyag, %</i>						
82	40	45	49	48	4,8	45
201	44	48	52	51		49
374	41	50	53	51		49
600	42	52	56	53		51
Átlag	42	49	52	51		2,4
<i>Légszár széna, t·ha⁻¹</i>						
82	0,6	1,8	2,8	2,8	0,4	2,0
201	1,0	2,3	3,5	3,9		2,7
374	0,8	2,4	3,5	3,8		2,6
600	0,6	2,5	3,8	4,0		2,7
Átlag	0,8	2,2	3,4	3,6		0,2

9. táblázat. N×K kölcsönhatások vizsgálata 2012.06.07-én kaszáláskor (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhőrcsők, Mezőföld)
 Table 9. Combined effects of N and K on the mixed-grass experimental hay field near Nagyhőrcsők, Hungary. (Hay was harvested on June 7, 2012.)

$AL-K_2O$ $mg \cdot kg^{-1}$	N -trágyázás, $N \text{ kg} \cdot ha^{-1} \cdot év^{-1}$				$SzD_{5\%}$	Átlag
	0	100	200	300		
Zöld tömeg, $t \cdot ha^{-1}$						
131	2,0	4,1	5,7	6,4	0,8	4,5
174	1,6	4,2	6,3	6,7		4,7
240	1,9	5,3	6,7	7,0		5,2
301	2,0	4,9	7,2	8,3		5,6
Átlag	1,9	4,6	6,5	7,1	0,4	5,0
Légszárazanyag, %						
131	42	50	55	52	4,8	50
174	42	50	51	51		48
240	42	49	53	51		49
301	37	46	50	49		46
Átlag	41	49	52	51	2,4	48
Légszáraz széna, $t \cdot ha^{-1}$						
131	0,8	2,0	3,1	3,4	0,4	2,3
174	0,7	2,1	3,2	3,4		2,3
240	0,8	2,6	3,6	3,6		2,6
301	0,8	2,3	3,6	4,0		2,7
Átlag	0,8	2,2	3,4	3,6	0,2	2,5
Magasság, cm						
131	15	43	58	58	12	44
174	15	37	55	61		42
240	12	57	57	58		46
301	16	52	58	66		48
Átlag	15	47	57	61	6	45

Megjegyzés: $SzD_{5\%}$ értékek a sorokra és oszlopokra megegyeznek.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Jobban Sándor telepvezetőnek a terepi munkákban nyújtott nélkülözhetetlen segítségéért. Tasi Julianna és egy további lektor kéziratunkhoz fűzött jobbító megjegyzéseier ezúton mondunk köszönetet. Munkánkhoz az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA-68665) és a Nemzeti Innovációs Hivatal (NKTH HR-22/2008) pályázatai anyagi támogatást nyújtottak.

Irodalom

- BAJNOK M., ROSTÁS M., TASI J. 2000: Néhány legelő és rét növényzetének értékelése a takarmányozás szempontjából. Állattenyésztés és Takarmányozás 49(3): 247–256.
- BARCSÁK Z., BOBRZECKA D., DOMSKA D., KRAUSE A., TASI J. 1983: A műtrágyázás hatása a *Dactylis glomerata* és a *Bromus inermis* termésére és nyersfehérje-tartalmára. Növénytermelés 32(2): 163–173.
- CSERNAI Z., TASI J. 1996: A nitrogén-műtrágyázás hatása a *Bromus inermis* és a *Festuca arundinacea* temésére, nyersfehérje- és aminosav-tartalmára. Állattenyésztés és Takarmányozás 45(1): 75–85.
- CZÖBEL, SZ., NÉMETH, Z., SZIRMAI, O., GYURICZA, CS., TÓTH, A., HÁZI, J., VIKÁR, D., PENKSZA, K. 2013: Short-term effects of extensive fertilization on community composition and carbon uptake in a Pannonian loess grassland. *Photosynthetica*, 51(4): 490–496.
- EGNER, H., RIEHM, H., DOMINGO, W.R. 1960: Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. *Lantbr. Högsk. Ann.*, 26: 199–215.
- HARCSA M., SZEMÁN L., PENKSZA K. 2009: Telepített gyepek szukcessziós folyamata az intenzív természetvédelemmel felhagyása után. *Tájékológiai Lapok* 7(2): 409–416.
- KÁDÁR I. 2004a: Műtrágyázás hatása a telepített gyepek termésére és N-felvételére. 1. Gyepgazdálkodási Közlemények, 2: 36–45.
- KÁDÁR I. 2004b: Műtrágyázás hatása a telepített gyepek ásványi elemtartalmára. 3. Gyepgazdálkodási Közlemények, 2: 57–66.
- KÁDÁR I. 2006a: Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyepen. Termés és elemtartalom. 6. Gyepgazdálkodási Közlemények, 4: 95–107.
- KÁDÁR I. 2006b: Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyepen. Ásványi elemfelvétel. 7. Gyepgazdálkodási Közlemények, 4: 109–120.
- KÁDÁR I. 2006c: Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyepen. Minőség, tápanyaghozam. 8. Gyepgazdálkodási Közlemények, 4: 121–130.
- KÁDÁR I. (2007a): Műtrágyahatások vizsgálata 3. éves telepített gyepen. Növénytermelés, 56: 345–361.
- KÁDÁR I. (2007b): Műtrágyahatások vizsgálata 4. éves telepített gyepen. Termés, elemösszetétel. Növénytermelés, 56: 363–376.
- KÁDÁR I., NÉMETH T. 1993: Nitrát bemosódásának vizsgálata műtrágyázási kísérletben. Növénytermelés, 42: 331–338.
- KÁDÁR I., GYÖRI Z. 2004: Műtrágyázás hatása a telepített gyepek takarmányértékére és tápanyaghozamára. 2. Gyepgazdálkodási Közlemények, 2: 46–56.
- KÁDÁR I., GYÖRI Z. 2005: Műtrágyázás hatása a telepített gyepek aminosav tartalmára és hozamára. 5. Gyepgazdálkodási Közlemények, 3: 11–20.
- KÁDÁR I., VINCZEFFY I., RAGÁLYI P. 2011: Műtrágyahatások vizsgálata 6. éves telepített gyepen. Gyepgazdálkodási Közlemények, 2010/2011(1): 19–30.
- KÁDÁR I., RAGÁLYI P. 2011: Műtrágyahatások vizsgálata 7. éves telepített gyepen. Növénytermelés, 60(4): 69–93.
- KÖHLER, B., GIGON, A., EDWARDS, P.J., KRÜSI, B., LANGENAUER, R., LÜSCHER, A., RYSER, P. 2005: Changes in the species composition and conservation value of limestone grasslands in Northern Switzerland after 22 years of contrasting managements. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 7: 51–67.
- LAKANEN, E., ERVIÖ, R. 1971: A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. *Acta Agr. Fenn.*, 123: 223–232.
- NÉMETH T., KÁDÁR I. 1999: Nitrát bemosódásának vizsgálata és a N-mérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés, 48: 377–386.
- NI, J. 2004: Estimating net primary productivity of grasslands from field biomass measurements in temperate northern China. *Plant Ecology*, 174: 217–234.
- OLFF, H., BAKKER, J.P. 1991: Long-term dynamics of standing crop and species composition after the cessation of fertilizer application to mown grassland. *Journal of Applied Ecology*, 28(3): 1040–1052.
- SMIT, H.J., METZGER, M.J., EWERT, F. 2008: Spatial distribution of grassland productivity and land use in Europe. *Agricultural Systems*, 98: 208–219.
- SZEMÁN L., KÁDÁR I., RAGÁLYI P. 2010: Műtrágyázás hatása a telepített pillangós nélküli gyepek botanikai összetételére. Növénytermelés, 59(1): 85–105.

EFFECTS OF NUTRITION ON THE DEVELOPMENT AND SPECIES COMPOSITION OF A 12 YEARS OLD EXPERIMENTAL GRASSLAND IN MEZŐFÖLD, HUNGARY

I. KÁDÁR¹, P. RAGÁLYI¹, L. SZEMÁN², P. CSONTOS^{1,*}¹Hungarian Academy of Sciences, Centre for Agricultural Research,
Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry,
Herman O. út 15., Budapest, Hungary, H-1022;²Szent István University, Department of Grassland Management,
Páter Károly u. 1., Gödöllő, Hungary, H-2100

*corresponding author: cspeter@rissac.hu

Keywords: established grassland, long-term study, mixed-grass hay field, NPK fertilization, species composition, yield

Effects of different N, P and K supply levels as well as their combinations on the development, yield and species composition were studied in an experimental hay field created by a mixture of eight grass species without legumes, having Meadow fescue (*Festuca pratensis*) as the main component, within the frame of a 39 year old long-term mineral fertilization experiment, in 2012. The soil contained 3% humus, 3–5% CaCO₃ and 20–22% clay in the ploughed layer, and was originally supplied moderately with N and K and poorly with P and Zn. The experiment included 4N×4P×4K = 64 treatments ×2 replications = 128 plots altogether. The groundwater was at a depth of 13–15 m and the area was prone to drought. In the studied year 2012, the area received 123 mm rainfall before the harvesting (7 June). The grass developed insignificant amount of biomass after the first harvest in the 12th year, therefore the second cut was omitted. The results showed that the N, N×P and N×K fertilizations considerably increased the competitive ability of grass species against weeds and legumes in the 12th year of the mixed-grass hay field experiment. Among fertilizers the N treatments proved to be the most effective considering either grass cover ratio or stand height or hay production. Under extreme N×P×K supply conditions (treatments) the following minimum-maximum values were detected in the plots: 10–70 cm for stand height, 40–58% for fresh per dry biomass, 1.4–9.8 t·ha⁻¹ for green cut biomass and 0,6–4,8 t·ha⁻¹ hay biomass. Legumes appeared almost exclusively in the N-control plots only. In the flora of the 128 plots, altogether 8 grasses, 6 legumes and 39 non-leguminous dicots were identified. Among the 8 grasses sown 12 years ago *Agropyron pectinatum* and *Festuca arundinacea* maintained considerable cover and further two *Dactylis glomerata* and *Phalaris arundinacea* proved to be persistent although their cover did not exceed 1%. In addition, *Bromus inermis*, as a spontaneously appearing grass, attained 14.3% cover in average.