

Műtrágyahatások vizsgálata 3. éves telepített gyepen

KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet,
Budapest

Összefoglalás

Egy műtrágyázási kísérlet 30. évében, 2003-ban vizsgáltuk az eltérő N-, P-, K-ellátottsági szintek és kombinációik hatását a réti csenkesz (*Festuca pratensis*) vezérművevényű, nyolckomponensű, pillangós nélküli gyepkeverékre. A termőhely talaja a szántott rétegben mintegy 3% humuszt, 3–5% CaCO₃-ot és 20–22% agyagot tartalmazott, N- és K-elemekben közepesen, P- és Zn-elemekben gyengén ellátottnak minősült. A kísérlet 4N × 4P × 4K = 64 kezelést × 2 ismétlést = 128 parcellát foglalt magában. A talajvíz 13–15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. A vizsgált 2003. évben aszály uralkodott és csak egy kaszálásra került sor. A kísérlet első két évének tanulságait korábbi közleményeink foglalják össze (Kádár 2005a, b, c, Kádár és Györi 2005a, b). Főbb eredmények:

1. A száraz 2003. évben egy kaszálásra került sor, június 2-án. A 30 éve trágyázatlan kontroll 1,3 t fű, ill. 0,6 t szénatermést adott hektáronként. A maximális 10,7 t fű, ill. 4,2 t szénatermést a 200 kg · ha⁻¹ · év⁻¹ N, valamint a 153 mg · kg⁻¹ AL-P₂O₅ és a 193 mg · kg⁻¹ AL-K₂O közepes PK-ellátottság biztosította. Az átlagos N-hatás 2,6 t/ha, az átlagos P- és K-hatás 0,4–0,4 t/ha szénaterméstöbbletet adott. A maximális terméshez kötődő „megfelelő” szénaösszetételt a 2% körüli N-, a 0,2% körüli P- és az 1,8% körüli K-koncentráció jelezte növénydiagnosztikai szempontból.
2. A meghatározó N-trágyázás nyomán csökkent a széna szárazanyag-, nyersrost-, cukor- és nyersshamutartalma, míg a nyersfehérje- és karotinkészlete 2–2,5-szeresére nőtt. A nyerszsír maximumát az N₁ szinten találtuk, majd a N-túlsúly nyomán mennyisége a szénában a felére csökkent. A P-trágyázás igazolhatóan növelte az összes cukor, míg a K-trágyázás az összes cukor- és nyersshamutartalmakat. A nyersrost 260–310, a nyersfehérje 60–143, az összes cukor 44–82, a nyersshamu 40–60, a nyerszsír 13–27 g · kg⁻¹ között változott a kezelések függvényében.
3. A pillangós nélküli gyep kevés és gyenge minőségű szénát adott N-trágya nélkül. Megfelelő nyersfehérje-tartalmat (140 g · kg⁻¹) a 300 kg · ha⁻¹ · év⁻¹ N-trágyázással lehetett elérni. Limitáló tényező takarmányozástani szempontból a nyersfehérje hiánya lehet, mely a N-nélküli parcellán mindössze 60 g · kg⁻¹ értéket tett ki.
4. A N-kínálattal nőtt a széna N-, Ca-, Mg-, NO₃-N-, Na-, Mn-, Sr-, B-, Ba- és Ni-tartalma. A B és a Ba kétszeres, a NO₃-N hatszoros, a Na hétszeres akkumulációt jelzett. A növekvő terméssel ugyanakkor hígult a P, a Zn, a Cu és a Mo koncentrációja. A P-trágyázás a P-, a S-, a Sr- és a Ba-elemek beépülését serkentette, míg a Zn-, a B- és a Mo-elemeket gátolta. A K-trágyázás nyomán nőtt a K és a Ba, valamint csökkent az antagonista Ca-, Mg-, Na- és Sr-kationok, valamint a S- és a B-elemek beépülése. A széna minőségét rontja, hogy a Zn a kívánatos tartalomnak egyharmadát, míg a Cu felét teheti ki trágyázatlan talajon és az NP-trágyázással az abszolút és relatív Zn és Cu hiánya erősödhet.
5. A műtrágyázás nagyságrendi változásokat okozott az egyes elemek hektáronként felvett mennyiségében. Az 1 t szénába épült „fajlagos” elemkészlet az alábbiak szerint változott a kezelések függvényében: K 15–25 kg, N 9–22 kg, Ca 4–6 kg, S 2,3–2,6 kg, P 1,9–3,5 kg, Mg 1,8–2,0 kg, Na 0,1–0,9 kg, Fe 120–185 g, Al 100–144 g, Mn 79–112 g, Sr 10–20 g, Zn 7–15 g, Cu 2–6 g, Ba 2–5 g, B 4–5 g,

Ni 1,0–1,6 g. Az As, a Cd, a Co, a Cr, a Hg, a Pb és a Se általában 1 g/ha méréshatár alatt maradt. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a gyepszéna elemigényének megítélésénél.

Kulcsszavak: műtrágyázás, telepített gyep, gyep termése, gyep elemfelvétele

Fertilization responses in a 3-year old planted sward

I. KÁDÁR

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences,
Budapest

Summary

The effects of different N, P and K supply levels and their combinations were examined on the yield, quality and mineral content of an all-grass sward planted with a seed mixture of eight grass species in the 30th year of a long-term field experiment set up on calcareous chernozem loamy soil. The soil of the growing site contained around 3% humus, 5% CaCO₃ and 20–22% clay in the ploughed layer and was originally moderately well supplied with available K, Mg, Mn and Cu and poorly supplied with P and Zn. The trial included 4N×4P×4K=64 treatments in 2 replications, giving a total of 128 plots. The fertilizers applied were calcium ammonium nitrate, superphosphate and potassium chloride. The groundwater table was at a depth of 13–15 m and the area was prone to drought. The main conclusions of the first two years were summarized earlier (Kádár 2005a, b, c; Kádár and Győri 2005a,b). The results of the present study were as follows:

1. In this dry year only one cut was harvested on June 2nd 2003. The unfertilized control plots yielded 1.3 t/ha grass (0.6 t/ha hay), while the maximum 10.7 t/ha grass (4.2 t/ha hay) was harvested in the 200 kg/ha/year N treatment with satisfactory supplies of 153 mg/kg ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ and 193 mg/kg AL-K₂O in the ploughed layer. The average N response was a hay surplus of 2.6 t/ha, while the P and K responses amounted to hay surpluses of 0.4 t/ha each.
2. The optimum NPK content in the hay, leading to maximum yield, was found to be about 2% N, 0.2% P and 1.8% K. These values could be used for plant diagnostic purposes by the fertilizer advisory service.
3. Due to the pronounced N responses, the contents of dry matter, crude fibre, total sugar and crude ash decreased, while the content of crude protein and carotene increased 2–2.5-fold compared to the control. The crude fat showed a maximum value in the 100 kg/ha/year treatment, after which it dropped to half again in the hay as the N rate increased. P fertilization stimulated the accumulation of total sugar, and K fertilization that of both sugar and crude ash. In response to the NPK treatments, the quality parameters showed the following fluctuations: crude fibre 260–310 g/kg, crude protein 60–143 g/kg, total sugar 44–82 g/kg, crude ash 40–60 g/kg and crude fat 13–27 g/kg.
4. Without N fertilization the all-grass sward yielded only a small quantity of poor quality hay. A satisfactory crude protein content (140 g/kg) was only achieved at the 300 kg/ha/year N rate. The crude protein content, which amounted to only 60 g/kg on the N control plots, appeared to be a limiting factor from the point of view of animal nutrition.
5. The concentrations of N, Ca, Mg, NO₃-N, Na, Mn, Sr, B, Ba and Ni increased parallel with the N supply, with a 2-fold increase in the hay for B and Ba, a 6-fold increase for NO₃-N, and a 7-fold increase for Na. Simultaneously with an increase in the hay yield, the content of P, Zn, Cu and Mo declined in the hay, indicating a dilution effect. P fertilization stimulated the uptake of P, S, Sr and Ba, while the accumulation of Zn, B and Mo was inhibited. K fertilization stimulated the incorporation of K and Ba, while reducing the transport of antagonistic cations such as Ca, Mg, Na and Sr and the elements S and B. The poor quality of the hay could be attributed to the low Zn and Cu content. Even on the unfertilized control plots, the Cu content reached only half and the Zn content 1/3 of the optimum values. The deficit of these elements in hay was further aggravated by NP fertilization.
6. Differences in the NPK supply levels and combinations gave rise to changes of an order of magnitude in the per hectare element uptake. The quantities of elements incorporated into 1 t hay varied as a

function of the NPK treatments as follows: K 15–25 kg, N 9–22 kg, Ca 4–6 kg, S 2.3–2.6 kg, P 1.9–3.5 kg, Mg 1.8–2.0 kg, Na 0.1–0.9 kg, Fe 120–185 g, Al 100–144 g, Mn 79–112 g, Sr 10–20 g, Zn 7–15 g, Cu 2–6 g, B 4–5 g, Ba 2–5 g, Ni 1.0–1.6 g. The uptake of As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb and Se was generally below the 1 g/ha detection limit. These data could help to assess the element requirements of a planted all-grass sward.

Key words: fertilization, planted grass, grass yield, grass element-uptake

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az EU taggá vált Ausztria gyepgazdálkodásainak problémáit vizsgálva *Schechtner* (1990) megállapítja, hogy az extenzifikálás elkerülhetetlen Ausztriában is mind gazdasági, mind környezeti okokból. Gazdasági kényszert jelent a tej és a hús túltermelése. A tejtermelés 20, a húsmarha termelése 39%-kal haladta meg a belső fogyasztást. Az exporttámogatás lassan elviselhetetlen terhet jelent, mely 1989-ben a 3 milliárd Ösch-et (osztrák schilling) is elérte. Ehhez járult még a gabonafeleslegék támogatása 3,4 milliárd Ösch értékben. Ökológiai és lakossági kíváncsi megőrizni a tiszta ivóvizet, bevezetni a kémia mentes termelést, mérsékelni a légköri NO_x és NH_3 emissziót. Bár az emissziót tekintve a mezőgazdaság alárendelt szerepet játszik a közlekedéshez vagy az iparhoz és a háztartáshoz képest.

Az állatsűrűség ÉNy-Európa egyes vidékeihez viszonyítva mérsékelt Ausztriában, hiszen nagy területeken extenzív hegyvidéki gazdálkodás folyik. Meghatározó a kultúrta megőrzése, mely az ország idegenforgalmának fő vonzerejét adja. A 100 millió vendégéjszakából Bécs és a tartományok fővárosai csupán mintegy 10%-kal részesednek. Kompromisszumot kell találni a mezőgazdasági bevételek és a környezetvédelem között. A túltermelés és a fajszegénység oka a túlzott kemizálás. A termelés intenzitását döntően a trágyázás szabja meg, ettől függ a termés, az állattartó képesség, az állatsűrűség.

A szerző szerint a természetes gyepek átlagosan 2 t, a félintenzív, extenzíven trágyázottak (istállótrágya + PK) 5–7 t, míg az intenzíven trágyázottak (istállótrágya + PK + 240 kg · ha⁻¹ · év⁻¹ N) 10–12 t szénát adhatnak hektáronként. Ugyanitt a számosállatsűrűség 0,5 db · ha⁻¹-ről 2,8 db · ha⁻¹-ra nőhet. Kompromisszumként elfogadható lehetne a félintenzív gyep extenzív trágyázással, mert a természetes gyep romló takarmányminőséget és állattartást jelent. Bizonyos körzetekben, síkvidéken a szántóföldi takarmánytermelés még így is versenyképesebb lehet a félintenzív ősgyepel szemben.

A silókukorica belterjes műveléssel 14 t · ha⁻¹ szárazanyagot adhat, tehát akár háromszor annyi állati élőtömeget biztosít. Így a gazda legfontosabb takarmány növényé vált. Míg 1960-ban 16 000, 1990-re 120 000 ha lett a silókukorica vetésterülete Ausztriában. A magra termesztett kukorica 46 000 ha-ról 194 000 ha-ra nőtt ugyanezen idő alatt kiváló terméspotenciálja miatt. Míg a búza 4–5 t · ha⁻¹, a kukorica 7–8 t · ha⁻¹ szemtermést nyújt átlagosan és a sertéshizlalás alapját képezi. A kukorica ugyanakkor ökológiai katasztrófát jelent az érzékenyebb vagy lejtős talajon. Maximálisan 150 kg · ha⁻¹ műtrágya-N-t javasolnak, de gyakran sertéstrágyával még ugyanennyit kijuttatnak. A javasolt 80 kg · ha⁻¹ P₂O₅ helyett 120 kg · ha⁻¹ kerül a talajba. A bajor adatok szerint is 130–150 kg · ha⁻¹ N-többletet mutat a kukoricatermelés. Az átlagos termésekkel 180–210 kg · ha⁻¹ a felvett N, míg 340 kg · ha⁻¹ körüli az adott, melyből 120–140 kg · ha⁻¹ az ásványi és 200 kg · ha⁻¹ körüli a szerves trágyával kijuttatott (*Schechtner* 1990).

Az általános vélemény szerint biztosítani kell a gazdák jövedelmét, különben erősödik az elvándorlás, mert a gazdálkodók amúgy is kevesebb jövedelemmel rendelkeznek, mint a városokban foglalkoztatottak. A fajgazdag „virágrétek” megőrzése feltételezi a gazdák anyagi kompenzációját, a biológiai gazdálkodás támogatását. Érzékeny területeken betiltható a növényvédő szer és a N-műtrágya, visszafogható a túltrágyázás a kukoricatermesztésben. A N-igényt herefélékkel lehetne mérsékelni 4–5 éves váltással, hogy elkerüljék a hereúntságot. Emellett vámvédelem is szükséges az olcsó külföldi tömegáru ellen az EU-ban, közös fellépéssel, hiszen az egyoldalú nemzeti szabályozás nem fogadható el. A védett területeken, lejtőn az erdőtelepítés kívánatos.

Meg kell jegyezni, hogy az intenzív és extenzív fogalmak pontatlanok, a hozam/költség viszonyok függvényei. Az üzemben három fő termelési tényezőről beszélhetünk: a talaj, a munka és a tőke. Ami olcsó, azt bőséggel alkalmazzuk. Az USA-ban pl. 200 évvel ezelőtt sok és olcsó volt a föld, mérsékelt a tőke és kevés/drága a munkaerő. Hasonló volt a helyzet részben Magyarországon is. Ezért nagygazdaságok alakultak és ahogy elérhetővé vált a tőke, előrehaladt a gépesítés a munkaerőt helyettesítve. Ezzel szemben DK-Ázsiában kevés a föld és a tőke, hagyományosan sok a munkás és a rizsföldeken évente 2-3 termést is betakaríthatnak.

Kicsiben és lokálisan mindez itthon is megtalálható. Az Alföldön és a ritkán lakott síkvidékeken leegyszerűsített, állat nélküli gépesített szántóművelés uralkodik, míg a város körüli gazdaságok részben a családi erőre épülő sokoldalú intenzív gyümölcs- és zöldségtermelést folytatnak. Utóbbi tehát talaj és munkaerő tekintetében intenzív, de tőke tekintetében nem. Az önellátás azonban visszaszorul, nincs elég családi munkaerő, melyet régen nem is számoltak. A fejlődő világban az extenzív önellátó gazdálkodás túlnépesedéssel és élelmiszerhiánnyal párosulva eróziót, túllegettetést, sivatagosodást, erdőpusztulást okoz. A probléma megoldhatatlannak, a természetpusztulás visszafordíthatatlannak látszik.

Nem tekinthető természetbarátnak az extenzív, ill. támogatott természetrombolásnak az intenzív gazdálkodás Európában sem. A haladás (a kemizálás, gépesítés, nemesítés) talajkímélő hatású, hiszen stagnáló lakosságnál még az intenzíven kezelt és ökológiailag terhelt területet is mérsékli. Egyre kevesebb talajfelületet igényel a termelés, mert nő a hektáronkénti hozam. Így csökkenhet az erózió szántóművelés, nőhet az erdőterület, a kultúrtáj, a talajfedettség. Vannak árnyoldalai a folyamatnak, de ezek kezelhetők. A kezelt területen valóban negatív jelenség a fajszegényedés, de lehetőséget kapunk a természeti értékek megőrzésére is. Van játékterünk, nincsen kényszerpálya. Kompromisszummal egyeztetethetők a gazdálkodók és a tájmegőrzés/tájápolás érdekei. A fajgazdagság javítható vízszabályozással, a savanyú réteken meszezéssel stb.

Makro- vagy globálökológiai tekintetben is előnyös lehet a nagy terméssel kiváltott kisebb kezelt terület. Csökkenthető az üvegházhatás, mert az erdősítéssel nő a CO₂ megkötése. Igaz, hogy hasznosításkor a CO₂ újra felszabadul, de megújuló energiát szolgáltatva helyettesítheti a fosszilis energiahordókat. Lokálisan negatív jelenség a fajszegénység. Az intenzív trágyázás és használat a fajok egytizedét segíti és akár kilenc-tizedét elnyomhatja. Nem könnyű a választás, mert mindkét cél egyidejűleg nem érhető el (Pevetz 1990).

Konfliktus alakulhat ki a helyi (üzem) és az osztársadalmi célok között. A gazda lassan teljes kontroll alá kerül. Vetésterületét légi fotókkal, helikopterekkel figyelik. Állatállományát hivatalnokok írják elő és ellenőrzik. Nem szabad azonban egyoldalúan büntetni a gazdát, aki évezredek óta a szűkös ételtermelést és ezzel az egész közösséget szolgálta. Az állam változtathat az üzem termelési funkcióin az árarányokon keresztül. Pontos meg kell fogalmazni az ún. „jó mezőgazdasági gyakorlat” kritériumait, a hozzá vezető eljárásokat, ökológiai határértékeket és az üzemi ajánlásokat.

A sokat hangoztatott „károkozó fizet” elv nem érvényesíthető. A gazda bevételi veszteségeit és extra kiadásait ellensúlyozni kell. Különösen az ökológiailag érzékeny területeken, ahol a gazdaságos termelés feltételeit nem teremtheti meg, elkerülendő a környezetszennyezés. A kukoricatermelés felhagyása akár 100 000 Ft/ha veszteséget is jelenthet. Hasonlóképpen támogatandó a hígtrágyáról az almos trágyakezelésre való költséges áttérés. Az agrár- és a környezetpolitika összhangjára kell törekedni partneri viszonyt kialakítva a gazdatársadalommal. A mezőgazdálkodás egyidejűleg gazdasági/társadalmi/ökológiai tevékenység. Pragmatikus megoldás nem a vagy-vagy, inkább az is-is legyen kompenzációval. Különben az életképes mezőgazdaságot és ételtermelést veszítjük el.

Anyag és módszer

A kísérletet 1973 őszén állítottuk be Mezőföldön, intézetünk nagyhőrcsöki kísérleti telepén. A termőhely löszön képződött karbonátos csernozjom talaja a szántott rétegben mintegy 3–5% CaCO_3 -ot és 3% humuszt tartalmaz. A pH(KCl)-érték 7,3, az AL- P_2O_5 60–80 mg/kg, AL- K_2O 140–160 mg/kg, a 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 az Alföldhöz hasonlóan aszályérzékeny.

A N-t megosztva, felét ősszel, felét tavasszal alkalmaztuk pétisó formájában 0, 100, 200, 300 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ N-adagban. A P- és a K-trágyázás 0, 500, 1000, 1500 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ P_2O_5 -, ill. K_2O - adaggal történik, 5–10 évente ismételve a feltöltést. Legutóbb 1999 őszén végeztünk PK-feltöltő trágyázást. A N-, P- és K-műtrágyákat 4-4 szinten adagolva 1973 őszén minden lehetséges kombinációt beállítottunk $4\text{N} \times 4\text{P} = 16 \times 4\text{K} = 64$ kezelés $\times 2$ ismétlés = 128 parcellában. A parcellák mérete $6 \times 6 = 36 \text{ m}^2$, elrendezésük kevert faktoriális. A kísérleti terv, ill. az alkalmazott műtrágyázás lehetővé tette, hogy valamennyi olyan tápláltsági állapotot (gyenge, közepes, kielégítő, túlzott) és azok változatait létrehozzuk, amelyek a gyakorlatban is előfordulnak, vagy táblaszinten a jövőben előfordulhatnak.

A 30 év alatt 0, 3000, 6000, 9000 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N-t használtunk fel. A növények által fel nem vett N 40–60%-át $\text{NO}_3\text{-N}$ formában tudtuk kimutatni a túltrágyázott talajon. Az időnként végzett mélyfúrásaink szerint a $\text{NO}_3\text{-N}$ 20–30 $\text{cm} \cdot \text{év}^{-1}$ sebességgel szivároghat lefelé, a kísérlet 17., ill. 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 egyéves gyep alatt a feltalaj $\text{NO}_3\text{-N}$ -készlete drasztikusan lecsökkent, még a $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ N kezelésekben is, ami visszavezethető jelentős részben a növénybe épült hatalmas N-mennyiségekre. A két kaszálással felvett N föld feletti mennyisége megközelítette a $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ tömeget. Akár hasonló lehetett a gyökerekbe épült N mennyisége is (Kádár 2005a).

A három évtized alatt 0, 1500, 3000, 4500 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ P_2O_5 felhasználására került sor, ami tükröződik a feltalaj ammónium-laktát oldható P-készletén. Egyaránt megtalálható a gyenge, a közepes, az igen jó és a káros P-ellátottság. Hasonló a helyzet a talaj mobilis K-készletét illetően. Talajvizsgálatokat 2000 őszén a gyep telepítése előtt végeztünk. A kísérletben alkalmazott kezeléseket és a talaj szántott rétegének oldható elemtartalma az 1. táblázatban, az 1974–2003 közötti növényi sorrend a 2. táblázatban tekinthető át.

1. táblázat. Kezelések és hatásuk a talaj szántott rétegének oldható elemkészletére (Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Műtrágyázás és talajvizsgálat (1)	Kezelések, ill. műtrágyázási szintek (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	1	2	3		
N [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$] (5)	0	100	200	300		150
N [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 30 \text{ év}^{-1}$] (6)	0	3000	6000	9000		4500
P_2O_5 [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 30 \text{ év}^{-1}$] (7)	0	1500	3000	4500		2250
K_2O [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 30 \text{ év}^{-1}$] (8)	0	2500	5000	7500		3750
AL- P_2O_5 [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$] (9)	66	153	333	542	42	274
AL- K_2O [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$] (10)	135	193	279	390	32	249

Table 1. Treatments and their effects on the soluble PK content in the ploughed layer. (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök). (1) Fertilization and soil analysis, (2) Treatments or fertilization levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) N kg/ha/year, (6) N kg/ha/30 years, (7) P_2O_5 kg/ha/30 years. (8) K_2O kg/ha/30 years, (9) Ammonium lactate-soluble AL- P_2O_5 , (10) AL- K_2O mg/kg.

A gyep telepítését a spenót betakarítása után 2000. szeptember 20-án végeztük el nyolc komponensből álló gyepvetőmag keverékével. A vetőmag a Szarvasi Gyepnemesítő Telep (Bikazug) 1999. évi terméséből származott. A keverék összeállításában dr. Szűcs István (Gyöngyös) volt segítségünkre. A viszonylag sok komponens azt a célt szolgálta, hogy kellő borítottság alakulhasson ki és tájékozódjunk arról, mely fajok alkalmasak e termőhelyre. Amint a 3. táblázatban látható, vezérnövényünk a réti csenkesz 25%-kal szerepel, 21%-ot képvisel a nádképi csenkesz és az angol perje, 9%-ot a taréjos búzafű, egyenként 6%-ot pedig a vörös csenkesz, a réti komócsin, a zöld pántlikafű és a csomós ebír.

A vezérnövény virágzása előtti stádiumban 2001-ben és 2002-ben két-két kaszálást végeztünk, míg a szárazabb 2003. évben csak egy kaszálásra került sor. A parcellák szegélyétől 1,4 m-eket jobbról és balról leahagyva $3,2 \times 6 = 19,2 \text{ m}^2$ nettó parcellák területét értékeltük az eke általi talajáthordás hatásának kizárása céljából. Laboratóriumi vizsgálatok céljára parcellánként húsz helyről a fűkasza után átlagmintákat vettünk. Mintáknak mértük a friss és légszáraz tömegét $50 \text{ }^\circ\text{C}$ -on történt szárítást követően, majd

2. táblázat. Növényi sorrend a kísérletben 1974–2003 között
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Nº	Év (1)	Kísérleti növény (2)	Nº	Év (1)	Kísérleti növény (2)
1.	1974	Búza (3)	16.	1989	Rostkender (16)
2.	1975	Búza (3)	17.	1990	Borsó (17)
3.	1976	Kukorica (4)	18.	1991	Tritikále (18)
4.	1977	Kukorica (4)	19.	1992	Cirok (19)
5.	1978	Burgonya (5)	20.	1993	Silókukorica (20)
6.	1979	Őszi árpa (6)	21.	1994	Sárgarépa (21)
7.	1980	Zab (7)	22.	1995	Rozs (22)
8.	1981	Cukorrépa (8)	23.	1996	Köles (23)
9.	1982	Napraforgó (9)	24.	1997	Bab (24)
10.	1983	Mák (10)	25.	1998	Olaszperje (25)
11.	1984	Repce (11)	26.	1999	Olaszperje (25)
12.	1985	Mustár (12)	27.	2000	Spenót (26)
13.	1986	Sörárpa (13)	28.	2001	Gyep (27)
14.	1987	Olajlen (14)	29.	2002	Gyep (27)
15.	1988	Szója (15)	30.	2003	Gyep (27)

Table 2. Crop sequence in the experiment (Calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsók, 1974–2003).
(1) Years, (2) Crop species, (3) Winter wheat, (4) Maize, (5) Potato, (6) Winter barley, (7) Oats,
(8) Sugar beet, (9) Sunflower, (10) Poppy, (11) Rapeseed, (12) Mustard, (13) Spring barley, (14) Oil
flax, (15) Soybean, (16) Flax, (17) Pea, (18) Triticale, (19) Sorghum, (20) Fodder maize, (21) Carrot,
(22) Rye, (23) Millet, (24) Bean, (25) Italian ryegrass, (26) Spinach, (27) Grasses.

3. táblázat. A kísérletben elvetett fűmagkeverék összetétele

Nº	Komponensek (1)	kg/ha	%
1.	Réti csenkesz (<i>Festuca pratensis</i>) (3)	15.0	25
2.	Nádképi csenkesz (<i>Festuca arundinacea</i>) (4)	12.6	21
3.	Angol perje (<i>Lolium perenne</i>) (5)	12.6	21
4.	Taréjos búzafű (<i>Agropyron cristatum</i>) (6)	5.4	9
5.	Vörös csenkesz (<i>Festuca rubra</i>) (7)	3.6	6
6.	Réti komócsin (<i>Phleum pratense</i>) (8)	3.6	6
7.	Zöld pántlikafű (<i>Phalaris arundinacea</i>) (9)	3.6	6
8.	Csomós ebir (<i>Dactylis glomerata</i>) (10)	3.6	6
	Összesen (2)	60.0	100

Table 3. Mixture of grass species sown. (1) Components, (2) Total, (3) Meadow fescue, (4) Tall fescue,
(5) Perennial ryegrass, (6) Agropyron, (7) Red fescue, (8) Timothy, (9) Reed canary grass,
(10) Cocksfoot.

finomra őröltük és 23–25 elemre vizsgáltuk $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ roncsolás után, ICP technikát alkalmazva. A N-tartalmat hagyományos $\text{cc.H}_2\text{SO}_4 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ feltárásból határoztuk meg. A $\text{NO}_3\text{-N}$ készletét 1:800 arányú desztillált vizes kivonatból mértük Thammné (1990) által ajánlott módszerrel.

Kaszálásonként és parcellánként bonitáltuk a növényállomány fejlettségét, borítottságát, magasságát. Az egyes komponensek változását dr. Szemán László (SZIE Gödöllő), a gyomosodást dr. Radics László (KÉE, Budapest), a takarmányérték-vizsgálatokat dr. Győri Zoltán (DE, Debrecen) végezte. A telepítés előtti 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.

2003-ban az egyetlen kaszálás június 2-án történt. Az aszályos augusztus és szeptember nem adott betakarításra érdemes sarjút. A 3. éves állomány június elejéig összesen 277 mm csapadékot kapott elméletileg, az előző év szeptemberi 65 mm-t és a téli félév 160 mm hozadékát is beszámítva. Amennyiben az aktív tenyészidőt jelentő március, április, május hónapokat vesszük tekintetbe, a lehullott csapadék összege a három hónap alatt mindösszesen 57 mm volt. A kis szénahozamok arra utaltak, hogy az elméletileg talajban tárolt víznek csak egy része állhatott 2003-ban a növény rendelkezésére, ill. a téli hónapokban mélybe szivárgó víznek a gyep csak egy részét tudta hasznosítani.

Az $\text{N} \times \text{P} \times \text{K}$ másodrendű kölcsönhatások a kísérletben általában nem voltak igazolhatók, így ismétlésül szolgálhattak. A kéttényezős $\text{N} \times \text{P}$, $\text{N} \times \text{K}$, $\text{P} \times \text{K}$ táblázatok közül hely hiányában csak azokat mutatjuk be a 3. tényező (tehát összesen 8-8 ismétlés) átlagában, ahol a kölcsönhatások kifejezettek. Amennyiben az ilyen elsőrendű kölcsönhatások sem érdemlegesek, csak a főhatásokat (N, P, K) közöljük 32-32 ismétlés átlagában. A kétirányú vagy kéttényezős eredménytáblázatokban az $\text{SzD}_{5\%}$ értékek a sorokra és az oszlopokra azonosak, így azokat csak egyszer tüntetjük fel. E közleményben a 3. évi eredményeinket közöljük, az 1. évben kapott termés és elemösszetétel adatainak bemutatására a közelmúltban került sor (*Kádár 2005a, b*).

Eredmények

Állománybonitálásaink szerint a gyep fejlődésére a N-trágyázás bizonyult meghatározónak március 21-én és május 20-án egyaránt. A talaj P- és K-kínálata érdemi befolyással nem bírt, legfejlettebb állományt a maximális $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ kezelésben találtuk. Betakarításkor, június 2-án mérsékelt P- és K-hatások is igazolhatóak voltak. A 30 éve trágyázatlan $\text{N}_0 \text{ P}_0 \text{ K}_0$ kontroll mindössze 1,3 t fűvet, ill. 0,6 t szénát, míg az optimális $\text{N}_2 \text{ P}_1 \text{ K}_1$ kezelés 10,7 t fűvet, ill. 4,2 t szénát termelt hektáronként. A kontroll termését az együttes NPK-trágyázás tehát nyolcszorosára növelte. A zöld fűtermés légszáranyag-tartalma átlagosan 40%-ot tett ki. Mind a P-, mind a K-trágyázás átlagosan 1,0 t fű-, ill. 0,4 t szénatöbbletet adott hektáronként. Az optimális kínálatot a $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ N-, valamint a $153 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ AL- P_2O_5 - és a $193 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ AL- K_2O -ellátottság biztosította (4. táblázat).

A gypszéna minőségét legkifejezettebben szintén a N-trágyázás módosította. A növekvő N-kínálattal mérsékeltén, de igazolhatóan csökkent a szárazanyag, a nyersrost, a cukor és a nyershamu mennyisége a szénában, míg a nyersfehérje és a karotin készlete több mint kétszeresére emelkedett. Az 5. táblázatban bemutatott adatokból látható, hogy a 2003-ban vizsgált, két éven át légszáraz állapotban tárolt szénamintákban a karotin mennyisége elenyésző, átlagosan $47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ körüli értéket mutat. A N kínálata $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ mennyiségig adva két és félszeresére növelte a tartalmat, majd a $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ N-túlsúly nyomán a széna karotinkészlete ismét csökkenő. Isme-

4. táblázat. N×P ellátottsági szintek hatása a gyep fejlődésére és termésére a K/kezelések átlagában 2003-ban (Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörösök, Mezőföld)

AL-P ₂ O ₅ [mg/kg] (1)	N-trágyázás, N [kg · ha ⁻¹ · év ⁻¹] (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	100	200	300		
Bonitálás március 21-én (5)						
66	1.5	3.4	4.0	4.0	0.8	3.2
153	1.8	3.1	4.0	4.5		3.3
333	2.3	3.9	4.1	4.6		3.7
542	2.1	3.4	3.9	4.5		3.5
Átlag (4)	1.9	3.4	4.0	4.4	0.4	3.4
Bonitálás május 20-án (6)						
66	1.0	3.1	3.8	4.6	0.6	3.1
153	1.0	2.9	4.8	4.8		3.3
333	1.0	3.6	4.4	4.6		3.4
542	1.0	3.3	4.1	4.9		3.3
Átlag (4)	1.0	3.2	4.3	4.7	0.3	3.3
Zöld fűtermés [t/ha] június 2-án (7)						
66	2.1	6.6	7.3	7.6	1.0	5.9
153	1.9	7.4	9.6	8.9		7.0
333	2.3	6.8	8.6	8.1		6.4
542	1.9	7.0	9.1	8.9		6.7
Átlag (4)	2.0	7.0	8.7	8.4	0.5	6.5
Légszáraz széna [t/ha] június 2-án (8)						
66	0.8	2.7	2.8	2.9	0.4	2.3
153	0.7	3.0	3.8	3.4		2.7
333	0.9	2.8	3.4	3.2		2.6
542	0.7	2.9	3.7	3.5		2.7
Átlag (4)	0.8	2.9	3.4	3.2	0.2	2.6

Megjegyzés: az N₀P₀K₀ kezelés 1.3 t fűvet, ill. 0.6 t szénát, a legjobb N₂P₁K₁ kezelés 10.7 t fűvet, ill. 4.2 t szénát termelt hektáronként. A K-trágyázás 1.0 t fű-, ill. 0.4 t szénaterméstöbbletet adott hektáronként. A légszáraz anyag 40%-ot tett ki átlagosan. Bonitálás: 1 = igen gyengén, 5 = igen jól fejlett állomány. (9)

Table 4. Effect of N×P supply levels on the development and yield of grass, averaged over the K treatments. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörösök). (1) Ammonium lactate-soluble P₂O₅ mg/kg in the ploughed layer, (2) N kg/ha/year, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Scoring of grass stand on March 21st, (6) Scoring of grass stand on May 20th, (7) Fresh grass yield, t/ha, on June 2nd, (8) Air-dry hay yield, t/ha, on June 2nd, (9) Note: the N₀P₀K₀ control yielded 1.3 t/ha grass or 0.6 t/ha hay, and the best N₂P₁K₁ treatment 10.7 t/ha grass or 4.2 t/ha hay. K fertilization resulted in a surplus of 1.0 t/ha grass or 0.4 t/ha hay. The air-dry matter of grass made up 40%. Scoring of stand development: 1 = very poor, 5 = very good.

retes, hogy a karotin szintézise mind a N-hiány, mind a N-túlsúly nyomán gátolt a kiegyensúlyozatlan ásványi táplálás következtében, és mennyisége gyorsan visszaeshet a hosszan tárolt anyagban a gyors bomlás eredményeképpen (Steiger et al. 1959, Voisin 1965, Nehring 1965, Márton és Kádár 1999, Kádár 2006).

5. táblázat. Az NPK-ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna minőségére 2003. 06. 02-án
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörösök, Mezőföld)

Jellemzők (1)	Mérték egység (2)	NPK-ellátottsági szintek (3)				SzD _{5%} (4)	Átlag (5)
		0	1	2	3		
N hatására (PK átlagai) (6)							
Száranyag (9)	g/kg	944	943	935	939	3	940
Nyersrost (10)	g/kg	295	272	276	280	8	281
Nyersfehérje (11)	g/kg	60	97	135	143	7	109
Összes cukor (12)	g/kg	77	74	63	57	7	68
Nyershamu (13)	g/kg	59	50	52	53	4	54
Nyerszsír (14)	g/kg	18	27	23	13	3	20
Karotin (15)	mg/kg	24	46	63	55	8	47
P hatására (NK átlagai) (7)							
Nyersrost (10)	g/kg	279	286	284	276	8	281
Összes cukor (12)	g/kg	59	69	70	71	7	68
K hatására (NP átlagai) (8)							
Összes cukor (12)	g/kg	68	62	67	72	7	68
Nyershamu (13)	g/kg	49	52	55	58	4	54

Megjegyzés: a nyersrost 260–310 g/kg, az összes cukor 44–82 g/kg között változott a kezelések függvényében. (16)

Table 5. Effect of NPK supply levels on the quality parameters of the hay on June 2nd 2003 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörösök). (1) Parameters, (2) Units, (3) NPK supply levels, (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) Effect of N (averaged over PK treatments), (7) Effect of P (averaged over NK treatments), (8) Effect of K (averaged over NP treatments), (9) Dry matter, (10) Crude fibre, (11) Crude protein, (12) Total sugar, (13) Crude ash, (14) Crude fat, (15) Carotene, (16) Note: Crude fibre ranged from 260–310 g/kg and total sugar from 44–82 g/kg as a function of NPK treatments.

A széna nyerszsír-tartalmának maximumát a 100 kg · ha⁻¹ · év⁻¹ kezelésben éri el, majd a N kínálatával mennyisége felére zuhan. A P-ellátottság javulásával emelkedik a cukor, míg a nyersrost a P-túlkínálattal inkább csökken. A K-trágyázás is cukornövelő tényező, emellett a nyershamu készletét is emeli. Ismeretes, hogy a kálium elsősorban a szénhidrátok szintézisét segítheti és egyben a legfőbb hamualkotó elem. Megemlítjük, hogy az N×P×K kölcsönhatások függvényében a nyersrost 260–310 mg/kg, míg az összes cukor 44–82 mg/kg tartományban változott (5. táblázat).

A jó minőségű gyepszéna előállításának feltételeit taglalva Nagy (2002) arra utal, hogy a sem a gyepszéna hozama, sem a minősége nem elégíti ki az intenzív gazdálkodásban lévő kérődző állatok igényeit. Jobban kellene az alkalmazott növényélettani kutatások eredményeire támaszkodni és korábbi kaszálásokat beiktatni, mert a minőségi mutatók drasztikusan romlanak a bugahányást követően. A vizsgált réti szénák minősége a '90-es években mindössze 14%-ban volt jónak ítéltető. A jó minőség a szabvány szerint az alábbi paraméterekkel jellemezhető: sz.a. 888, nyersfehérje 143, nyerszsír 26, nyersrost 280 g/kg; NE_m 5,46; NE_g 3,07 MJ/kg szárazanyagra vetítve.

A *Várhegyiné* (2001. In: *Nagy* 2002) által ismertett adatok szerint a gyenge minőségű üzemi szénákban a nyersfehérje 62–96, a nyerszsír 11–23, a nyersrost 359–370 g/kg értéktartományban volt. Az 5. táblázatban közölt saját adatainkat minősítve megállapítható, hogy a megfelelő nyersfehérje-készletet a széna a $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ N-trágyázás nyomán éri el. A kívánatos 26 g/kg nyerszsír-tartalom a $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ kezeléshez kötődik. A nyersrost mennyisége általában kielégítette a 280 mg/kg körüli tartalmat a trágyázástól függetlenül. A pillangós nélküli gyepszéna minősége igen gyenge N-trágyázás nélkül, limitáló tényező takarmányozástani szempontból a kis nyersfehérje-készlet. A N minimuma csökkenthető a pillangós virágú növények arányának növelésével is a gyepeken.

Bánszki (2002) arról számol be, hogy kísérletében a 18 és 32% pillangóست tartalmazó fűkeverék termése 32–58%-kal, N-hozama 54–107%-kal haladta meg a pillangós nélküli parcellák teljesítőképességét. Véleménye szerint a pillangósok hazai viszonyok között $60\text{--}130 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ N-t képesek megkötni, így a gyepeken átlagosan $80\text{--}100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ N-műtrágya volna megtakarítható. *Szemán* (2002) vizsgálatai szerint amennyiben a pillangósok aránya meghaladja vagy eléri a 20–22%-ot, a széna nyersfehérje-készlete a kívánatos 140–160 g/kg értékre emelkedhet, mely legalább $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ N-műtrágyát pótolhat. *Csizi és Monori* (2005) réti szolonyec talajon 20 t/ha túlérett juhtrágya alkalmazásával felületés nélkül nagyságrenddel, 40% fölé tudta növelni a pillangósok arányát a gyeptársulásban a csapadékos 2004. évben. Ezzel együtt a szénahozam is 28%-kal emelkedett. A 40 t/ha adag további terméstöbbletthez vezetett.

A N-trágyázás nemcsak a termés tömegét és a tárgyalt minőségi mutatókat befolyásolta alapvetően, hanem a széna vizsgált elemeinek tartalmát is. A N-kínálattal emelkedett a N, a Ca, a Mg, a $\text{NO}_3\text{-N}$, a Na, a Mn, a Sr, a B, a Ba és a Ni készlete a szénában. A B és a Ba eközben mintegy a kétszeresére, a $\text{NO}_3\text{-N}$ a hatszorosára, míg a Na a hétszerezére ugrott a N-kontrollhoz viszonyítva. A növekvő terméssel viszont hígult a P, a Zn, a Cu és a Mo tartalma a növényi szövetekben (6. táblázat). Kérdés, hogy ezek a változások mennyiben minősíthetők kedvezőnek vagy nemkívánatosnak takarmányozási szempontból. Irodalmi adatok szerint a tejlő tehének számára megfelelő szárazanyagra számítva a 2–3% N; 1–2% K; 0,5–0,7% Ca; 0,2–0,4% P; 0,1–0,2% Mg és Na, ill. 50–160 mg Fe és Mn; 30–50 mg Zn; 8–10 mg Cu; 5–8 mg B; 0,1–0,5 mg Mo; Se és Co összetételű takarmány (*Horváth és Prohászka* 1976, *Finck* 1982, *Whitehead* 1970).

Az irodalmi optimumokkal összevetve kedvezőnek tekinthető a N-tartalom 2% fölé emelkedése, bár a $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége megközelíti a megengedett felső határt jelentő 0,25%-ot a maximális N-trágyázással. Kedvezőnek minősíthető úgyszintén a Na és a B dúsulása a szénában. A Ca, a Mg, a Fe, a Mn és a Mo tartalma megfelelő és változásuk is az optimumtartomány keretei között marad. Ide sorolható a K is, mely a K-kínálat függvényében 1,4–2,4% között változott. A P hígulása nemkívánatos jelenséggé minősülhet, amennyiben 0,2% alá süllyed a tartalom. Már a N-kontroll talajon is hiányzónában van a Zn és a Cu, mely elemek az optimum zóna alsó határértékeinek felét/harmadát érik csak el. A N-túlsúllyal a Zn és a Cu hiánya még kifejezettebbé válik (6. táblázat).

7. táblázat. A PK-ellátottsági szintek hatása
a légszáraz gyepszéna elemtartalmára 2003. 06. 02-án
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Elem jele (1)	Mérték egység (2)	AL-oldható P ₂ O ₅ [mg/kg] a talajban (3)				SZD _{5%} (4)	Átlag (5)
		66	153	333	542		
NK-kezelések átlagai (6)							
S	%	0.22	0.25	0.26	0.28	0.02	0.25
P	%	0.17	0.23	0.25	0.26	0.02	0.23
Sr	mg/kg	10.2	12.2	15.1	17.1	1.2	13.6
Zn	mg/kg	12.9	9.5	8.5	8.9	0.8	10.0
B	mg/kg	4.5	3.9	3.9	3.8	0.4	4.0
Ba	mg/kg	3.4	3.7	4.0	4.2	0.5	3.8
Mo	mg/kg	0.8	0.4	0.4	0.4	0.1	0.5
Elem jele (1)	Mérték egység (2)	AL-oldható K ₂ O [mg/kg] a talajban (7)				SZD _{5%} (4)	Átlag (5)
		135	193	279	390		
PK-kezelések átlagai (8)							
K	%	1.35	1.78	2.12	2.42	0.19	1.92
Ca	%	0.64	0.58	0.52	0.49	0.05	0.56
S	%	0.27	0.26	0.23	0.24	0.02	0.25
Mg	%	0.22	0.20	0.17	0.17	0.02	0.19
Na	mg/kg	1163	942	460	298	207	716
Sr	mg/kg	15	14	13	12	2	14
B	mg/kg	4.8	4.2	3.6	3.6	0.4	4.0
Ba	mg/kg	3.3	3.7	3.9	4.4	0.5	3.8

Table 7. Effect of P and K supply levels on the element content of hay on June 2nd 2003 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók). (1) Parameters, (2) Units, (3) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg in the ploughed layer, (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) Averaged over NK treatments, (7) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O mg/kg in the ploughed layer, (8) Averaged over PK treatments.

Mind a P, mind a K kínálatával némileg visszaesik a B és nő a Ba beépülése a szénába. A K hatására kifejezetten javul a K-tartalom, valamint csökken az egyéb kationok koncentrációja, mint a Ca, Mg, Na, Sr. A kationantagonizmus tehát jelentős szerepet játszik a növényi összetétel alakulásában. Kísérletünk lehetővé teszi a főbb kölcsönhatások szabatos vizsgálatát is. A pregnánsabb N×P elemek közötti összefüggésekről a 8. táblázat ad áttekintést.

Amint a táblázat adataiból kitűnik, P-hiányos talajon a N-trágyázás serkenti a Zn felvételét. A talaj P-kínálatával sem mérséklődik a Zn beépülése, amennyiben N hiánya áll fenn. Csak az együttes NP-trágyázás nyomán következik be a hígulás, amikor a termés megnégyszereződik, de a talaj nem képes a megfelelő Zn-szolgáltatást biztosítani. A Ba felvételében viszont a pozitív N×P kölcsönhatások nyilvánulnak meg. Az együttes NP-kínálattal nemcsak a szénahozam nő, hanem a Ba koncentrációja is, a talaj Ba-szolgáltatása nem akadályozza a felvételt. Hasonló a helyzet a Cu esetében. Ezzel szemben a Mo beépülését illetően a Zn-elemre elmondottak érvényesek (8. táblázat).

8. táblázat. *N×P* ellátottsági szintek hatása
a légszáraz gyepszéna összetételére 2003. 06. 02-án
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

AL-P ₂ O ₅ [mg/kg] (1)	N-trágyázás, N [kg · ha ⁻¹ · év ⁻¹] (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	100	200	300		
Zn [mg/kg] (5)						
66	12	11	15	14	2	13
153	11	9	9	9		10
333	10	9	8	8		9
542	11	9	7	7		9
Átlag (4)	11	10	10	9	1	10
Ba [mg/kg]						
66	2.6	3.1	4.4	3.3	1.0	3.4
163	2.6	3.1	4.8	4.4		3.7
333	2.5	3.4	4.5	5.5		4.0
542	2.4	2.9	5.2	6.1		4.2
Átlag (4)	2.5	3.1	4.7	4.9	0.5	3.8
Cu [mg/kg]						
66	2.6	3.8	5.0	4.6	1.3	4.0
153	2.6	3.7	4.9	5.2		4.1
333	2.6	3.5	4.8	6.2		4.3
542	2.6	3.6	4.8	8.6		4.9
Átlag (4)	2.6	3.7	4.9	6.2	0.6	4.3
Mo [mg/kg]						
66	0.4	0.9	1.1	0.9	0.2	0.8
153	0.6	0.4	0.4	0.3		0.4
333	0.6	0.4	0.3	0.3		0.4
542	0.7	0.3	0.3	0.3		0.4
Átlag (4)	0.6	0.5	0.5	0.4	0.1	0.5

Table 8. Effect of *N×P* supply levels on the element content of hay on June 2nd 2003 (Calcareous chernozem loamy soil). (1) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg in the ploughed layer, (2) N fertilization, N kg/ha/year, (3) LSD_{5%}, (4) Mean.

A meghatározó N-trágyázás hatására hatványosan nőtt az egy hektárról felvett elemek tömege. A N-kontrollhoz viszonyítva a N és a Cu pl. tízszeres, míg a Na harmincszoros akkumulációt mutatott. A fajlagos, azaz az 1 t szénába épült elemek mennyisége az alábbi tartományban változott a N-szintek függvényében: K 15–25 kg, N 9–22 kg, Ca 4–6 kg, S 2,3–2,6 kg, P 1,9–3,5 kg, Mg 1,8–2,0 kg, Na 0,1–0,9 kg. A vizsgált mikroelemek fajlagos készlete szintén jelentős eltéréseket mutatott: Fe 120–185 g, Al 100–144 g, Mn 79–112 g, Sr 11–16 g, Zn 9–11 g, Cu 2–6, Ba 2–5, B 4–5 g, Ni 1,0–1,6 g. Az As, a Cd, a Co, a Cr, a Hg, a Pb és a Se általában 1 g/ha mérési határ alatt maradt (9. táblázat).

Ahhoz, hogy a tartós műtrágyázás termésre és elemfelvételre gyakorolt hatásait érzékeltessük, a 64 kezeléssel kísérletből öt kezelést emeltünk ki a 10. táblázatban.

9. táblázat. N-ellátottsági szintek hatása a gyep elemfelvételére 2003. 06. 02-án
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Elem jele (1)	Mérték egység (2)	N-trágyázás, N [kg · ha ⁻¹ · év ⁻¹] (3)				SZD _{5%} (4)	Átlag (5)
		0	100	200	300		
PK-kezelések átlagai (6)							
K	kg/ha	16.3	55.1	62.6	62.7	8.5	49.2
N	kg/ha	7.0	40.6	69.6	71.6	4.0	47.2
Ca	kg/ha	3.6	15.0	20.7	20.4	1.7	14.9
S	kg/ha	2.1	6.6	8.5	8.2	0.7	6.4
P	kg/ha	2.8	5.6	6.4	6.0	0.5	5.2
Mg	kg/ha	1.4	5.1	6.8	6.3	0.6	4.9
Na	kg/ha	0.1	2.3	3.2	3.0	0.7	2.2
Fe	g/ha	124	359	628	577	120	422
Al	g/ha	115	285	476	429	118	326
Mn	g/ha	63	258	365	359	38	262
Sr	g/ha	9	37	51	50	4	37
Zn	g/ha	9	27	32	30	3	24
Cu	g/ha	2	10	17	20	3	12
Ba	g/ha	2	9	16	16	2	11
B	g/ha	3	13	14	12	2	10
Ni	g/ha	1	3	4	5	1	3

Megjegyzés: Az As, a Cd, a Co, a Cr, a Hg, a Pb és a Se általában 1 g/ha mérési határ alatt maradt. (7)

Table 9. Effect of N fertilization on the element uptake of hay on June 2nd 2003 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók. (1) Parameters, (2) Units, (3) N fertilization, N kg/ha/year, (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) Averaged over PK treatments, (7) Note: Values of As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb and Se were usually below the 1 g/ha detection limit.

1. Abszolút kontroll, 30 éve semminemű trágyázásban nem részesült (N₀P₀K₀)
2. Egyoldalúan csak mérsékelt N-trágyázott 100 kg · ha⁻¹ · év⁻¹ adagban (N₁P₀K₀)
3. Mérsékelt 100 kg · ha⁻¹ · év⁻¹ N-adag közepes PK-ellátottságon (N₁P₁K₁)
4. Kielégítő 200 kg · ha⁻¹ · év⁻¹ N-adag kielégítő PK-ellátottságon (N₂P₂K₂)
5. Tápanyagbőség 300 kg · ha⁻¹ · év⁻¹ N-adag és túlzott/káros PK-ellátottság (N₃P₃K₃)

A szénahozamok arra utalnak, hogy a termés nagyságát ebben a száraz évben döntően a N-szintek alakították, a kontrollon mért 0,6 t/ha szénatermés 6-szorosára nőtt a bőséges NPK kínálattal, elérve a 3,7 t/ha mennyiséget. Ugyanitt a K 10-117 kg, N kereken 5-87 kg, Ca 2-24 kg, S 2-10 kg, P 2-8 kg, Mg 1-8 kg, Na 0,1-2,9 kg között változott ha-ként. Hasonlóképpen nagyságrenddel nőtt a Fe, Al, Mn, Sr, Cu, és a Ba felvett tömege a bőséges NPK műtrágyázás eredményeképpen. A Zn maximális felvételét az N₁P₀K₀ kezelésben érte el, 37 g/ha tömeget, mivel a P trágyázás hatására a széna Zn-tartalma erőteljesebben csökkent, mint ahogyan a széna termése nőtt (10. táblázat).

A tervezett termés elemszükségletének és trágyaigényének becsléséhez elengedhetetlen az 1t szénatermésben foglalt fajlagos elemtartalom ismerete. Kísérletünk átlagában 2003-ban az alábbi fajlagosokat kaptuk: K 19 kg, N 18 kg, Ca 6 kg, S 2-3 kg, P és Mg 2 kg. A fajlagos mikroelem tartalmak nem adhatnak közvetlen információt a trá-

10. táblázat. Különböző NPK-ellátottsági szintek hatása a gyep szénatermésére és az ásványi elemek felvételére 2003. 06. 02-án. (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscök, Mezőföld)

Vizsgált jellemző (1)	Mérték egység (2)	NPK-ellátottsági szintek, ill. -kombinációk (3)					SZD _{5%} (4)
		N ₀ P ₀ K ₀	N ₁ P ₀ K ₀	N ₁ P ₁ K ₁	N ₂ P ₂ K ₂	N ₃ P ₃ K ₃	
Széna (5)	t/ha	0.6	2.7	2.8	3.5	3.7	0.8
K	kg/ha	10.2	34.8	53.0	76.9	116.9	36.8
N	kg/ha	4.6	42.0	42.0	70.1	87.5	16.0
Ca	kg/ha	2.3	14.1	13.7	19.1	23.8	6.7
S	kg/ha	2.0	5.3	6.0	9.0	10.3	5.6
P	kg/ha	1.6	3.2	5.7	7.1	7.8	2.0
Mg	kg/ha	1.0	5.7	5.2	6.5	7.8	2.2
Na	kg/ha	0.1	3.7	1.9	2.9	2.1	1.8
Fe	g/ha	81	254	385	490	1157	480
Al	g/ha	76	162	294	301	927	470
Mn	g/ha	45	292	238	352	575	152
Sr	g/ha	4	22	33	52	61	15
Zn	g/ha	8	37	29	26	36	11
Cu	g/ha	2	11	12	17	21	10
Ba	g/ha	1	6	7	15	29	7
B	g/ha	2	13	11	11	12	5
Ni	g/ha	1	5	5	4	6	2

Table 10. Effect of different NPK supply levels on the yield and uptake of mineral elements on June 2nd 2003 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörscök). (1) Parameters, (2) Units, (3) NPK supply levels and combinations, (4) LSD_{5%}, (5) Hay.

gyázási szaktanácsadás számára, amennyiben a mikroelemek pótlása nem a kivont mennyiségük alapján történik. Felvételüket általában nem a talajtani mennyiségük korlátozza, hanem a felvehetőséget befolyásoló talajtényezők. Elsősorban a talaj reakcióállapota, valamint a felvétel során növényben lejátszódó szinergizmusok és antagonizmusok. Fontos azonban ismeretük, hiszen tükrözik a növény tápláltsági állapotát és diagnosztikai információt hordoznak. Takarmányozástani/életteni szempontból pedig befolyásolják az állatok egészségét, teljesítőképességét és az állati termékek minőségét.

IRODALOM

Bánszki T.: 2002. A pillangós virágú növények arányának növelése a gyepeken. In: Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban. 167-171. Szerk.: Jávor A.-Sárvári M., DATE. Debrecen.

Csizi I.-Monori I.: 2005. Túlérlett juhtrágya hatása az *Alopecuretum pratensis* gyepértársulásra. In: Gyep – Állat – Vidék – Kutatás – Tudomány. 123-129. Szerk.: Jávor A. DE ATC, Debrecen.

Egnér, 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.

Finck, A.: 1982. Fertilizers and Fertilization. Verlag Chemie. Deerfield Beach, Florida, Basel.

Horváth R.-Prohászka K.: 1976. Adatok a rét-legelő növényzetének tápelem-tartalmáról. Növénytermelés 23, 1: 51-56.

Kádár I.-Németh T.: 1993. Nitrát bemosódásának vizsgálata műtrágyázási kísérletben. Növénytermelés. 42: 331-338.

- Kádár I.: 2005a. Műtrágyázás hatása a telepített gyeppermésére és N-felvételére. 1. Gyepgazd. Közl. 2: 36–45.
- Kádár I.: 2005b. Műtrágyázás hatása a telepített gyeppermésére. 3. Gyepgazd. Közl. 2: 57–66.
- Kádár I.: 2005c. Műtrágyázás hatása a telepített gyeppermésére. 4. Gyepgazd. Közl. 3: 3–10.
- Kádár I.: 2006. Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyeppermén. Minőség, tápanyaghozam. 8. Gyepgazdálkodási Közlemények. 4. (In press).
- 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.
- Márton L.–Kádár I.: 1999. N-műtrágyázás hatása a szója levelének klorofill és karotenoid tartalmára, valamint hozamára. Agrokémia és Talajtan. 48: 381–388.
- Nagy G.: 2002. A jó minőségű gyeppermés feltételei. In: Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban. 160–166. Szerk.: Jávör A.–Sárvári M. DATE, Debrecen
- Nehring, K.: 1965. Düngung, Qualität und Futterwert. In: Handbuch der Pflanzenernährung und düngung. 1260–1354. Ed.: Linser, H. Dritter Band. Zweite Hälfte. Springer Verlag. Wien. New York.
- Németh T.–Kádár I.: 1999. Nitrátbemosódásának vizsgálata és a N-mérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés 48: 377–386.
- Pevetz, W.: 1990. Intensität in der Landwirtschaft-wirtschaftliche, agrar- und umweltpolitische Aspekte. In: BAL Bericht. 41–47. Bundesanst. f. Alpenl. Landw. Gumpenstein.
- Schechtner, G.: 1990. Mittel und Wege zur Extensivierung in den Bereichen Grünlandwirtschaft und Futterbau. In: BAL Bericht. 13–40. Bundesanst. f. Alpenl. Landw. Gumpenstein.
- Steiger, H.–Püschel, F.–Kasdorf, A.: 1959. Über das Vorkommen und die Beeinflussung des Carotingehaltes in Grün- und Rauhfutter. Z. landw. Vers. Unters.wesen. 5: 299–322.
- Szemán L.: 2002. Telepített gyepek fajitösszetételének és tápanyagellátásának hatása a nyers-fehérje tartalomra. In: Innováció, a tudomány és gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban. 219–223. Szerk.: Jávör A.–Sárvári M. DATE, Debrecen.
- Thamm F.-né: 1990. Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata. Agrokémia és Talajtan 39: 191–206.
- Voisin, A.: 1965. Fertilizer application. Soil, plant, animal. Crosby Lockwood. London.
- Whitehead, D. C.: 1970. The role of nitrogen in grassland productivity. Bulletin N.48. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Hurley, Berkshire.

Érkezett: 2007. 10. 03.

A szerző levele címe – Address of the author:

Dr. Kádár Imre
 MTA Talajtani és Agrokémiail Kutatóintézet
 Budapest
 Herman O. u. 15.
 H-1022