

Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyepon. Ásványi elemfelvétel. 7.

Kádár Imre

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

ÖSSZEFOGLALÁS

Egy műtrágyázási tartamkísérlet 29. évében, 2002-ben vizsgáltuk az eltérő N, P és K ellátottsági szintek és kombinációik hatását a réti csenkesz (*Festuca pratensis*) vezérnövényű, nyolckomponensű pillangós nélküli gyepeverék 2. évének termésére és elemtartalmára. 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 2002. évben az 1. kaszálásig a gyepe összesen 221 mm csapadékot kapott, beleszámítva a téli félévet is, tehát a 8 hónapos tenyészideje alatt. A 2. kaszálási sarjúnak 3 hónapos tenyészideje alatt összesen 180 mm csapadék állt rendelkezésére. A kísérlet beállításának körülményeit, módszerét, valamint a 2. éves eredményeinket előző közleményünk taglalta (Kádár, 2006). Főbb következtetések:

1. Míg a szénatermés tömegét döntően a N-ellátás határozta meg, a N-kontrollhoz viszonyítva ötszöröse nőve, az ásványi elemek felvételét a fellépő N×P és N×K kölcsönhatások ill. antagonizmusok és szinergizmusok jelentősen tovább módosították.
2. Az N×K ellátottság függvényében az 1. kaszálással kivont K pl. kereken 23-198 kg/ha, Na 0,1-7,1 kg/ha, Mo 0,4-3,5 kg/ha változást mutatott. Az N×P trágyázással a P 3-14 kg/ha, Sr 12-388 g/ha, Mo 0,5-4,5 g/ha határok között módosult. Hasonlóképpen nagyságrendi változások jelentkeztek a 2. kaszálás idején is.
3. A talaj növekvő oldható K-kínálattal nőtt a K és Ba, ill. visszaszorult az antagonista Ca, Mg, Na elemek felvétele. A P-trágyázás serkentette a P, S, Sr és Ba, valamint gátolta a Mo beépülését, melynek kivont mennyisége 1/3-ára esett a P-ral igen jól ellátott parcellákon. A bőséges N-ellátás főként a N, K, Mn, Sr és Cu elemek beépülését segítette, nagyságrendbeli akkumulációt eredményezve a N-kontrollhoz viszonyítva.
4. Az extrém tápláltsági szituációkat tekintve (az N₀P₀K₀ és az N₃P₃K₃ szintek között) az alábbi különbségek léptek fel a felvételben 2002-ben a makroelemek esetén: K 34-302 kg/ha, N 15-168 kg/ha, Ca 8-35 kg/ha, S 5-22 kg/ha, P 4-22 kg/ha (9-51 kg/ha P₂O₅), Mg 3-14 kg/ha. Kontrollhoz képest a Na beépülése 23-szorozódott az egyoldalún N-kínálattal, majd töredékére zuhant az együttes NPK adagokkal. Nagyságrendbeli emelkedést mutatott a Mn, Sr, Zn és Cu. Az As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se felvett mennyisége általában 1 g/ha mérőhatár alatt maradt.
5. Az 1 t szénába épült elemtartalom a két kaszálás összegéből számítva 2002-ben az alábbi szórásokat mutatta a műtrágyázás függvényében: K 17-35 kg (20-42 kg K₂O), N 9-19 kg, Ca 3-5 kg, S 2,0-2,5 kg, P 1,3-2,5 kg (3,0-5,7 kg P₂O₅), Mg 1,4-1,9 kg. A beépült mikroelemek mennyiségei: Na 170-980 g, Fe 90-170 g, Mn és Al 60-120 g, Sr 10-50 g, Zn 7-25 g, Ba és B 3-6 g, Cu 3-6 g, Ni 0,4-0,9 g, Mo 0,3-1,3 g/t széna. Adataink a gyepe elemfoglalmanak

mértékére utalnak, és iránymutatóul szolgálhatnak a műtrágyaigény becslésében a szaktanácsadás számára.

Kulcsszavak: telepített gyepe, NPK műtrágyázás, növényi elemfelvétel

SUMMARY

The effects of different N, P and K supply levels and their combinations were examined on the mineral element uptake of an established 2 year old all-grass sward in the 29th year of a long-term fertilization field experiment set up on a calcareous chernozem soil. The soil of the growing site contained around 3% humus, 3-5% CaCO₃, 20-22% clay in the ploughed layer and was originally moderately well supplied with available N, 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 Ca-ammonium nitrate, superphosphate and potassium chloride. The groundwater table was at a depth of 13-15 m and the area was prone to drought. In 2002 the area had 401 mm precipitation and gave 2 cuts of grass. The lay-out and method of the trial as well as the fertilizer responses on the hay yield and element content were published earlier (Kádár 2006). The main conclusions drawn as follows:

1. While the hay yield was basically determined by N-fertilization which lifted the hay mass 5 times compared to the N-control, the uptake of elements was drastically modified through the N×K and N×P synergistic and antagonistic interactions.
2. As a function of N×K treatments the uptake K changed for example at the 1st cut between 23-198 kg/ha, at the 2nd cut between 9-80 kg/ha. At the same time the uptake of Na fluctuated between 0.05-7.15 kg and 0.4-4.4 kg/ha, that of Mo 0.4-3.2 g/ha and 0.2-2.3 g/ha resp. As a function of N×P treatments the uptake of P changed at the 1st cut between 3-14 kg/ha, Sr between 12-388 g/ha, Mo between 0.5-4.5 g/ha. The nutrient accumulation at the 2nd cut showed an analogical picture.
3. The K-fertilization stimulated accumulation of K and Ba, while inhibited the antagonistic metal cations' uptake of Ca, Mg and Na. The increased P-supply rose the absorption of P, S, Sr and Ba while diminished the extracted amount of Mo, which dropped down by 1/3rd compared with the control. The liberal N-supply stimulated the incorporation of N, K, Mn, Sr and Cu resulting an increase of an order of magnitude.
4. Between the two extreme supply levels (N₀P₀K₀ and N₃P₃K₃) there were found extreme differences in element uptake in 2002 as follows: 34-302 kg/ha K, 15-168 kg/ha N, 8-35 kg/ha Ca, 5-22 kg/ha S, 4-22 kg/ha P (9-51 kg/ha P₂O₅) and 3-14 kg/ha Mg. The incorporated Mn, Sr, Zn and Cu enhanced an order of magnitude on N₃P₃K₃ plots compared to the N₀P₀K₀ absolute control. Uptake of As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb and Se left behind the detection limit of 1 g/ha.
5. To have 1 t air-dry hay it was used by grasses 17-35 kg K, 9-19 kg N, 3-5 kg Ca, 2.0-2.5 kg S, 1.3-2.5 kg P (3.0-5.7 kg P₂O₅), 1.4-1.9 kg Mg, 170-980 g Na, 90-170 g Fe,

60-120 g Mn and Al, 10-50 g Sr, 7-25 g Zn, 3-6 g Ba, B and Cu, 0.3-1.3 g Mo and 0.4-0.9 g Ni. Data illustrate the nutrient turnover of a grassland and may be used for assessing the nutrient demand of all-grass sward.

Keywords: established all-grass sward, NPK supply-levels, element uptake

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A takarmányozástannal foglalkozó tudományág fejlődését érintve korábban utaltunk a Liebig-féle tápanyagfunkciókra, az általa kidolgozott tudományos alapokra (Kádár és Györi, 2005). Liebig (1840, 1842) könyvei szinte egyidejűleg jelentek meg német, francia és angol nyelven, és heves reakciókat váltottak ki szakmai körökben. Két ellenséges tábor alakult ki. Tanítványai és ellenfelei álláspontjukat alátámasztandó egyaránt széleskörű kísérletezésbe kezdtek.

Az első kísérleti állomást 1851-ben ellenfelei hozták létre a Lipcse melletti Möckernben. Vezetőjük rövidesen Emil Wolff lett. Nobbe szerint (cit. in: Deller, 1988) alig 15 évvel később már 21 kísérleti állomás működött Németországban. A kísérletek eredményeit rendszeresen és intézményesen megvitatták. A véleménycserét szolgálta az 1858-ban alapított „Die landwirtschaftliche Versuchstationen” c. folyóirat, valamint az évente tartott vándorgyűlések. Az első vándorgyűlést 1863-ban szervezték Lipcsében. Mindez segítette az egységes fogalmak, közös szaknyelv, kísérleti és vizsgálati módszertan kialakulását. Wolff (1864) összeállította a talajvizsgálatok módszereit, azon kémiai és fizikai laboratóriumi eljárásokat, melyek megalapozták a tudományos talajelemzéseket. A lényegében ma is használatos továbbfejlesztett módszereket később Wahnschaffe (1903) ismertette. Az 1880-as évek végén mintegy 100 kísérleti állomás létesült Európaszerte.

A mezőgazdasági kémia ekkor még egységes, magában foglalja a talajkémiai ismereteken kívül a trágyázástani (növénytáplálási), valamint a takarmányozástani (állat-élettani), sőt az élelmiszerkémiai ismereteket is. Jeles képviselői minden ágát továbbfejlesztették, mint Németországban Liebig és Wolff, vagy itthon időben kissé megkésve Kosutány Tamás és 'Sigmond Elek. 'Sigmond (1904) Mezőgazdasági Chemia c. könyve összefoglalta az akkori ismereteket a talajtan, az agrokémia, a takarmányozástan és az élelmiszerkémia területén egyaránt.

Wolff mint a Hohenheimi Akadémia tanára 1868-ban megírja a Gyakorlati Trágyázástan c. könyvét. A munkát 1870-ben, 1871-ben és 1872-ben újra kiadják. A 4. átdolgozott kiadás mellékletében 150 növényi anyag és 17 állati termék, 24 szervestrágya-féleség, 52 trágyaszer/hulladékanyag és 38 élelmiszeripari melléktermék, azaz összesen 281 anyagminta összetételét közli mintegy 10 vizsgált tulajdonságra: víz, hamu, szervesanyag, fontosabb ásványi elemek. Az analízis kiterjed a nitrogén, kálium, nátrium, kalcium, magnézium,

foszfor, kén, szilícium és klór ásványi összetevőkre (Wolff, 1872). Még ugyanebben az évben megjelenteti „A mezőgazdasági haszonállatok takarmányozástana és takarmánytana” c. könyvet is.

Wolff alapvetően a takarmányok összetételére fordította figyelmét, nem az emésztés és az anyagcsere élettani lefolyására. Utóbbi Hennebergnek sikerült, akit sokan a tudományos takarmányozástan megalapítójának tekintenek. Henneberg 1846-1848. között Giessenben tanult Liebig laboratóriumában, a tyúkvér ásványi összetevőiről publikált. Később Braunschweigben, majd Cellében dolgozik, ahol Thaeer is tevékenykedett. Liebig és Wöhler támogatásával, és a Hannoveri Királyi Mezőgazdasági Társaság megbízásából 1857-ben megalapítja a Göttingen melletti Weende-ben a mezőgazdasági Kísérleti Intézetet (Brune, 1992; Günter, 1992).

Mint ismeretes, Liebig a Giessen-i garnizon 856 katonájának tápanyagfelvételét és ürítését vizsgálta egy hónapon át, egyébként kísérleteket nem végzett, Henneberg viszont a kísérleteknek szenteli életét. Főként a kérődzőkkel foglalkozik. Sokan a haszonállatokkal foglalkozó kísérletes táplálkozásélettan megalapítójának tekintik. Stohmannal kidolgozza a takarmányvizsgálati módszereket. Bevezeti az emészthető tápanyag fogalmát, átfogó anyagforgalmi vizsgálatokat végez, és tápanyagmérlegeket állít fel. A teljesebb körű mérlegek igényelték a gázvizsgálatokat is a takarmány, a szilárd ürülék és a vizelet mellett (Glas, 1992; Howe, 1992).

Liebig támogatásával Pettenkoffer fejleszti ki a „légzésmérő készüléket”, a Respirationsapparat-ot a Müncheneri Élettani Intézetben. Henneberg beszerzi egy példányát, és 1860-ban már közli is első kísérleti eredményeit a takarmányok hasznosulásáról, a húsképződésről, a tápanyagok emészthetőségéről és a nyersrost sorsáról a kérődzőknél. Bevezeti a nyersfehérje, nyersrost, nyerszsír, nyershamu, a N-mentes kivonható anyagok fogalmát. Közli a javasolt analitikai módszereket, melyek mint „Weendei” módszerek, a takarmány- és tápanyagvizsgálatoknál az egész világon napjainkig használatosak. Ezzel az eltérő helyen, de ismert összetételű anyagokkal végzett takarmányozási kísérletek eredményei összevethetőkké, tudományos igényűvé értékelhetőkké váltak (Brune, 1992; Günter, 1992).

Wilhelm Henneberg nevét a nagyállatokkal végzett gázcsere kísérletek ismertté tették, melyek a tápanyagok energetikai értékeléséhez vezettek. A munkát később Otto Kellner fejlesztette tovább. Megemlíthető a „keményítőérték” fogalma is, mely nemzetközileg szintén elterjedt. Ma már nem használatos, de az újabb energiaértékelési rendszerek továbbra is az emészthető nyerstápanyagok tartalmára épülnek. Az elmúlt 150 év alatt a tudományos igényű növénytáplálás és takarmányozás tápanyagbőséget teremtett a modern társadalmakban. A húsfogyasztás hagyományosan státusszimbólum volt. Ma már nem az, elérhető a fejlett országokban. Az egy főre jutó fogyasztás

Németországban 1816-ban 14 kg, 1907-ben 46 kg, 1971-ben 72 kg volt.

Ma társadalmi/politikai nyomás nehezedik a gazdákra, hogy extenzív termelésre térjenek át. Az intenzíven trágyázott gyepeken, az intenzíven hasznosított réteken és legelőkön nő a talajtömörödöttség, a talaj és a talajvíz terhelése, csökken a fajgazdagság, növénytársulások tűnhetnek el. Egyes vélemények szerint a természetes fajgazdag rétek és legelők szénája egészségesebb, sőt gyógyhatású az állatok számára. Mások szerint viszont az ilyen széna csak a nyersrost-igényt elégítheti ki, ill. inkább alomra való. A természetvédők kevés vagy semmi trágyát javasolnak késői 1. kaszálással. Kérdés, hogyan lehet az ilyen gyepeket modern mezőgazdasági üzembe integrálni?

A probléma tanulmányozása céljából kutatások indultak Svájcban még az 1986-1988-as években. Azonosították a fajgazdag réttípusokat, 280 természetvételezést, 309 minőségvizsgálatot és 41 emészthetőségi vizsgálatot végeztek juhokkal. Vizsgálatok eredményei szerint fajgazdagság valóban csak ott fordul elő, ahol extenzív a gazdálkodás, késői az 1. kaszálás, és kevés vagy semmi trágyát nem használnak. A talajváltozat ebben a direkt hatása csekély, a tengerszint feletti magasság sem befolyásoló tényező. Ilyen extenzív viszonyok között 50-60 faj is, köztük ritka orchideák azonosíthatók egy termőhelyen. Növények a feltalajt sűrűbben átszővik és nyáron sem sülnék ki (Schüpbach, 1990).

A botanikai felvételezések szerint az állomány 50-80%-át füvek, 20-40%-át gyomok alkotják. A pillangós faj kevés, vagy ritkán fordul elő. A füvek virágzása után kaszált szénában minden réttípusnál mérsékelt a nyersfehérje-tartalom, a minták $\frac{3}{4}$ -ében 100 g/kg szárazanyag alatt. A nyersrost mennyisége viszont sok és erősen ingadozik 250-400 g/kg tartományban. A széna foszforban is szegény 0.11-0.17% P-tartalommal, ami fele az intenzíven művelt réti széna P-készletének. Egyéb ásványi elemekben nem volt érdemi eltérés a trágyázott rétekhez viszonyítva. A sok lignin, ill. nehezen emészthető cellulóz miatt a széna emészthetősége 70% alatt maradt. Ez a rossz minőség azonban stabil, kevésbé idő- vagy időjárásfüggő – állapítja meg a szerző.

Juhokkal takarmányozva 3.7-5.4 MJ NEL energiát mértek. Összefoglalóan arra a következtetésre jutottak, hogy a természetes vagy extenzív gyepek gyenge minőségű takarmányt szolgáltat, rossz emészthetőséggel párosulva. A tehén számára tehát extrém kicsi tejtermelő potenciált jelenthet. A „gyógyhatást” sem pozitív, sem negatív jelleggel nem lehetett igazolni. Elvileg sem könnyű azonban az egészségre, termékenységre vagy az élethosszra vonatkozó hatásokat ilyen rövid távú vizsgálatokkal bizonyítani – jegyzi meg Schüpbach (1990).

Elvileg a gyenge minőségű széna negatív hatása erőtakarmány-kiegészítéssel ellensúlyozható. Hosszú távra mindez persze nemkívánatos következményekkel járhat üzemgazdasági és élettani/anyagforgalmi szempontból egyaránt.

Extenzív gazdálkodásban a növényi kínálat adott, ehhez kell megfelelő haszonállatot találni. A tejtermelés kizárható. Megfelelhet a külterjes szarvasmarhatartás extenzív legeltetéssel, szénahasznosítás lovakkal. Üzemi takarmánytermesztés mellett energiamankót jelenthet a silókukorica, takarmányrépa, stb.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletet 1973 őszén állítottuk be Mezőföldön, Intézetünk nagyhorcsöki 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) 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 az Alföldhöz hasonlóan aszályérzékeny.

A N-t megosztva, felét ősszel, felét tavasszal alkalmaztuk pécisó formájában 0, 100, 200, 300 kg/ha/év N-adagban. A P és K trágyázás 0, 500, 1000, 1500 kg/ha P_2O_5 ill. K_2O adaggal történik, 5-10 évente ismételve a feltöltést. Legutóbb 1999 őszén végeztünk PK feltöltött 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 vezérnövény virágzása előtti stádiumban, 2001-ben és 2002-ben 2-2 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 20-20 helyről a fűkasza után, átlagmintákat vettünk. Mintáknak mértük a friss és légszáraz tömegét 50 °C-on történt szárítást követően, majd finomra őröltük, és 23-25 elemre vizsgáltuk cc. HNO_3 +cc. H_2O_2 roncsolás után, ICP technikát alkalmazva. A N-tartalmat hagyományosan cc. H_2SO_4 +cc. H_2O_2 feltárásból határoztuk meg. A NO_3 -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

minőségvizsgálatokat dr. Győri Zoltán (DE, Debrecen) végezte. A telepítés előtt talajmintákat vettünk a szántott rétegből parcellánként 20-20 pontminta/lefűrés egyesítésével. A mintákban meghatároztuk a NH₄-acetát+EDTA-oldható makro- és mikroelemeket Lakanen és Erviö (1971) szerint, valamint az NH₄-laktát-oldható PK tartalmat Egnér et al. (1960) szerint.

Az N×P×K másodrendű kölcsönhatások a kísérletben általában nem voltak igazolhatók, így ismétlésül szolgálhattak. A kéttényezős N×P, N×K, P×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 SzD_{5%} értékek a sorokra és az oszlopokra azonosak, így azokat csak egyszer tüntetjük fel.

EREDMÉNYEK

Növényvizsgálataink 24 elemre terjedtek ki, egyaránt érintve az ismertebb és fontosabb esszenciális makro- és mikroelemeket, valamint a környezeti szempontból mérvadó nehézfémeket is. A 2002. évi anyaszéna elemfelvételét az NPK ellátottsági szintek függvényében az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat

NPK ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére 2002. május 28-án
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mértékegység(2)	NPK ellátottsági szintek(3)				SzD _{5%} (4)	Átlag(5)
		0	1	2	3		
N hatására (PK átlagai)(6)							
K	kg/ha	22	109	121	132	19	96
N	kg/ha	9	47	76	93	8	56
Ca	kg/ha	5	20	22	24	2	18
S	kg/ha	3	10	12	12	1	9
P	kg/ha	3	9	10	11	1	8
Mg	kg/ha	2	7	8	10	1	7
Na	kg/ha	0.1	2.4	4.0	4.2	0.8	2.7
Mn	g/ha	90	474	580	613	60	440
Fe	g/ha	159	445	530	567	76	425
Al	g/ha	137	364	340	379	76	305
Sr	g/ha	29	131	159	198	70	129
Zn	g/ha	13	52	64	66	29	49
Ba	g/ha	5	21	26	26	4	20
Cu	g/ha	4	17	26	31	4	20
B	g/ha	7	21	22	22	2	18
Ni	g/ha	1.1	4.4	4.3	5.0	1.2	3.7
Mo	g/ha	0.5	2.0	2.0	1.7	0.5	1.6
P hatására (NK átlagai)(7)							
Ca	kg/ha	15	19	19	18	2	18
S	kg/ha	7	10	10	11	1	9
P	kg/ha	5	9	9	10	1	8
Mn	g/ha	369	471	461	457	60	440
Sr	g/ha	35	70	150	262	70	129
Ba	g/ha	14	22	22	21	4	20
Mo	g/ha	3.0	1.3	1.0	0.8	0.5	1.6
K hatására (NP átlagai)(8)							
K	kg/ha	61	89	108	127	19	96
Na	kg/ha	4.4	3.0	1.8	1.5	0.8	2.7
Mo	kg/ha	2.6	1.5	1.1	1.0	0.5	1.6

Megjegyzés: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se általában méréshatár alatt maradt (1g/ha)(9)

Table 1: Effect of NPK supply levels on the mineral element uptake of hay on 28th May 2002 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Measured elements(1), Measuring units(2), NPK supply levels(3), LSD_{5%}(4), Mean(5), Effect of N-supply levels (means of PK treatments)(6), Effect of P-supply levels (means of NK treatments)(7), Effect of K-supply levels (means of NP-treatments)(8), Note: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se usually under detection limits (1g/ha)(9)

A vizsgált 24 elemből 7 elem (As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se) koncentrációja általában mérés határ alatt maradt, így a növénybe épült mennyiségük nem érte el az 1 g/ha értéket. A táblázatban feltüntetett elemek csökkenő sort adnak átlagos tömegük alapján. Az adatokat a két nem vizsgált tényező átlagaiban közöljük, tehát 32-32 parcella átlagait reprezentálják.

Látható, hogy maximális felvétellel a K jellemezhető, ezt követi a N, Ca, S, P, Mg és Na a makroelemek tekintetében. Mivel a N-trágyázással a szénatermés ötszöröződött, a szénába épült elemek tömege a többszörösére emelkedett. A N esetében a kontrollhoz viszonyított felvétel nagyságrenddel nőtt, a Cu-felvétel is közel 8-szorosára, míg a Na több mint 40-szorosára. A N-kínálattal ugyanis nemcsak a széna tömege, hanem ezen elemek akkumulációja is drasztikusan javult a szénában. Ezzel szemben a Fe, Al, B és Mo elemek felvétele elmaradt az átlagtól, amennyiben a javuló N-kínálattal koncentrációcsökkenés járt együtt (Kádár, 2006).

P-trágyázás hatása 7 elem tekintetében igazolható. Mérsékelt emelkedett a Ca, S, Mn és Ba, megduplázódott a felvett P, valamint több mint 7-szeresére ugrott a szénába épült Sr mennyisége. Utóbbi tükrözi a felvételben lejátszódó P-Sr szinergizmus jelenségét. A Mo felvételében viszont a drasztikus gátlás nyilvánul meg a P-Mo antagonizmus nyomán. A P-kontroll talajon a széna 3.0 g/ha, míg a P-túlsúlyoson mindössze 0.8 g/ha Mo készlettel rendelkezik. A K-trágyázással megkétszereződik a felett K mennyisége, míg a Na és a Mo beépülése erős gátlást szenved (1. táblázat).

A változásokról a kölcsönhatások adhatnak valós képet, és tárhatnak fel eddig rejtve maradt összefüggéseket. A 2. táblázatban bemutatott N×K kétirányú táblázatban megfigyelhető, hogy a felvett K mennyisége 22 és 198 kg/ha között ingadozhat, akár nagyságrendileg is eltérhet az N×K kölcsönhatások függvényében. A Na beépült mennyiségét tekintve 143-szoros az eltérés a két extrém tápláltsági szituáció, a K-túlsúlyos N-kontroll és a N-túlsúlyos K-kontroll között. Hasonló irányú, közel egy nagyságrendbeli eltéréseket mutat a felvett Mo tömege is az N×K trágyázás függvényében. Megemlíthető még, hogy a talaj növekvő oldható K-tartalmával nem változik a K felvétele a N nélküli kezelésekben.

Hasonló helyzet az N×P táblázatban is szembetűnő. A talaj P-kínálatával nem emelkedik a P-felvétel, amennyiben nem adunk N-t. Az együttes NP adagolással viszont a kontrollon mért akkumuláció csaknem 5-szörösére nő. A Sr beépült

tömege extrém eltérést jelez 12 és 388 g/ha között, ami 32-szeres különbségnek adódik. A Mo felvétele P-szegény talajon és N-bőség esetén 3.2-4.5 g/ha között ingadozik, míg a N-hiány 0.5 g/ha felvételt tesz lehetővé. A P-bőség okozta felvételi gátlást azonban a N-bőség nem képes ellensúlyozni a Mo esetében. A N-nel trágyázott nagy termések Mo-készlete is csupán 0.6-1.0 g/ha közötti, alig haladja meg az N-kontroll parcellák kicsi termésének Mo-készletét (2. táblázat).

A sarjűszéna kis termésével kivont elemek mennyisége is csekélyebb. Az 1. kaszálásnál megfigyeltekhez hasonlóan a N-trágyázás itt is ötszörösére növelte a szénatermést, így a beépült elemek mennyisége is általában többszörösére emelkedik. Az átlagtól eltérően a N és a Cu ha-ként kivont tömege mintegy a 9-szeresére nő a maximális N-kínálattal, míg a Na-felvétel 22-szeresét teszi ki a N-kontroll talajon mért értéknek. Ezen elemek beépülését jelentősen serkentette a N-adagolás. Mindössze 2-3-szoros akkumulációt mutat, ugyanitt pl. a Fe és Al a trágyázott szénában a hígulási effektus eredményeképpen (3. táblázat).

A talaj P-ellátottsága 6 elem felvételében tükrözött igazolható változásokat. Mintegy 30%-kal nőtt a beépült P, ill. 50%-kal a Sr készlete. Mérséklődött a felvett Mg és B mennyisége, valamint felére zuhant a Zn és Mo készlete a P-ral túltrágyázott szénában. A K-trágyázás közel megduplázta a Mo felvételét, ellensúlyozva ezzel a P-trágyázás negatív hatását. Több mint kétszeresére növelte a beépült K tömegét is. Az ismert kation-antagonizmus nyomán némileg visszaesett a Ca és Mg akkumulációja, míg a Na mennyisége csaknem 1/5-ére esett. Mérsékelt, kb. 1/3-ával emelkedett a Ba készlete is a K-mal jól ellátott talajon nőtt szénában (3. táblázat).

Az N×K kölcsönhatások hasonló irányú és mértékű módosulásokat jeleznek a K és Na felvételében, mint az 1. kaszálás idején. A Mo esetében a kölcsönhatások iránya megváltozott. A növekvő K-kínálat nem gátolja, hanem serkenti a Mo beépülését a növényi szövetekbe, így a kezelések közötti különbségek is mérséklődtek. Az N×P kölcsönhatások, pontosabban az együttes és növekvő NP-túlsúly nyomán a Sr felvétele látványosan nő, a kontrollhoz viszonyítva mintegy a 7-szeresére. Az akkumulált Zn tömegét a N és a P kínálata ellentétesen befolyásolja, ennek eredményeképpen 7-8-szoros különbségek adódnak. Hasonló a helyzet a Mo esetében is (4. táblázat).

N×K (P átlagai) és N×P (K átlagai) kölcsönhatások a gyepszéna elemfelvételében 2002. 05. 28-án
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

AL-K ₂ O mg/kg(1)	N-trágyázás, N kg/ha/év(2)				SzD _{5%} (3)	Átlag(4)
	0	100	200	300		
K kg/ha						
135	23	73	69	78		61
193	21	112	116	106	38	89
279	22	123	139	148		108
390	22	128	160	198		127
Na kg/ha						
135	0.13	3.90	6.43	7.15		4.41
193	0.08	3.00	4.49	4.41	1.64	3.00
279	0.06	1.38	2.69	2.94		1.77
390	0.05	1.20	2.49	2.13		1.47
Mo g/ha						
135	.84	3.48	2.84	3.23		2.60
193	.57	1.96	2.01	1.64	0.91	1.54
279	.37	1.37	1.75	1.08		1.14
390	.39	1.07	1.39	1.00		0.96

AL-P ₂ O ₅ mg/kg(5)	N-trágyázás, N kg/ha/év(2)				SzD _{5%} (3)	Átlag(4)
	0	100	200	300		
P kg/ha						
66	3	6	6	7		5
153	3	9	11	12	2	9
333	3	10	11	12		9
542	3	11	12	14		10
Sr g/ha						
66	12	39	44	45		35
153	14	63	88	114	270	70
333	30	131	195	243		150
542	61	292	307	388		262
Mo g/ha						
66	.47	3.92	4.52	3.20		3.03
153	.55	1.62	1.64	1.56	0.91	1.34
333	.53	1.31	1.15	1.20		1.05
542	.60	1.03	0.69	1.00		0.83

Table 2: Effect of N×K (means of P treatments) and N×P (means of K treatments) supply levels on some element uptake of hay on 28th May 2002 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)
Ammoniumlactate-soluble (AL) K₂O in plough-layer, mg/kg(1), N-fertilization, N kg/ha/yr(2), LSD_{5%}(3), Mean(4), Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ in plough-layer, mg/kg(5)

NPK ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére 2002. 09. 03-án
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mérték- egység(2)	NPK ellátottsági szintek(3)				SzD _{5%} (4)	Átlag(5)
		0	1	2	3		
N hatására (PK átlagai)(6)							
K	kg/ha	9.9	24.1	50.1	58.4	7.6	35.6
N	kg/ha	6.8	16.5	42.0	55.0	2.7	30.1
Ca	kg/ha	2.5	5.9	10.7	12.0	0.8	7.8
S	kg/ha	1.6	3.3	5.3	5.8	0.4	4.0
P	kg/ha	1.5	3.1	4.8	5.3	0.4	3.7
Mg	kg/ha	1.2	2.8	5.4	6.0	0.4	3.8
Na	kg/ha	0.1	0.4	2.0	2.2	0.6	1.2
Mn	g/ha	59	153	274	300	19	196
Fe	g/ha	122	190	378	339	79	257
Al	g/ha	104	159	252	213	69	182
Sr	g/ha	8	19	37	42	3	27
Zn	g/ha	4	11	19	23	3	14
Ba	g/ha	2	5	11	13	1	8
Cu	g/ha	2	6	13	18	3	10
B	g/ha	2	5	10	10	1	7
Ni	g/ha	0.4	0.7	1.6	2.4	0.9	1.3
Mo	g/ha	0.4	1.2	1.7	1.8	0.3	1.2
P hatására (NK átlagai)(7)							
P	kg/ha	3.0	3.6	4.1	4.0	0.4	3.7
Mg	kg/ha	4.4	3.8	3.6	3.5	0.4	3.8
Sr	g/ha	21	23	29	33	3	27
Zn	g/ha	21	13	12	12	3	14
B	g/ha	8.1	6.4	6.7	6.5	0.8	6.9
Mo	g/ha	2.1	0.8	1.1	1.0	0.3	1.2
K hatására (NP átlagai)(8)							
K	kg/ha	20.4	32.5	43.1	46.5	7.6	35.6
Ca	kg/ha	8.8	7.8	7.6	7.0	0.8	7.8
Mg	kg/ha	4.4	3.9	3.6	3.4	0.4	3.8
Na	kg/ha	2.4	1.2	0.6	0.5	0.6	1.2
Ba	g/ha	6.7	6.9	7.9	9.1	0.9	7.7
Mo	g/ha	0.8	1.2	1.5	1.5	0.3	1.2

Table 3: Effect of NPK supply levels on the mineral element uptake of hay on 3rd September 2002 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld region)

Measured elements(1), Measuring units(2), NPK supply levels(3), LSD_{5%}(4), Mean(5), Effect of N-supply levels (means of PK treatments)(6), Effect of P-supply levels (means of NK treatments)(7), Effect of K-supply levels (means of NP-treatments)(8)

N×K (P átlagai) és N×P (K átlagai) kölcsönhatások a gyepszéna elemfelvételében 2002. 09. 03-án
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

AL-K ₂ O mg/kg(1)	N-trágyázás, N kg/ha/év(2)				SzD _{5%} (3)	Átlag(4)
	0	100	200	300		
	K kg/ha					
135	9	18	25	30		20
193	10	25	44	52	16	32
279	10	27	63	72		43
390	11	26	68	80		46
	Na kg/ha					
135	0.10	1.13	4.20	4.36		2.45
193	0.05	0.36	1.86	2.66	1.12	1.23
279	0.06	0.17	0.97	1.11		0.58
390	0.04	0.12	0.95	0.82		0.48
	Mo g/ha					
135	.24	1.06	0.73	1.38		0.85
193	.37	1.21	1.57	1.74	0.63	1.22
279	.38	1.29	2.20	1.96		1.46
390	.47	1.13	2.26	2.02		1.47

AL-P ₂ O ₅ mg/kg(5)	N-trágyázás, N kg/ha/év(2)				SzD _{5%} (3)	Átlag(4)
	0	100	200	300		
	Sr g/ha					
66	7	19	28	32		21
153	7	14	35	37	5	23
333	8	20	39	48		29
542	11	24	46	51		33
	Zn g/ha					
66	5	16	27	34		21
153	4	8	18	22	6	13
333	4	10	17	17		12
542	4	10	15	17		12
	Mo g/ha					
66	.33	2.29	3.08	2.68		2.09
153	.31	0.68	1.06	1.28	0.63	0.83
333	.42	0.81	1.34	1.68		1.06
542	.41	0.92	1.27	1.45		1.01

Table 4: Effect of N×K (means of P treatments) and N×P (means of K treatments) supply levels on the element uptake of hay on 3rd September 2002 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld region)

Ammoniumlactate-soluble (AL) K₂O in plough-layer, mg/kg(1), N-fertilization, N kg/ha/yr(2), LSD_{5%}(3), Mean(4), Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ in plough-layer, mg/kg(5)

Az 5. táblázatban közölt eredmények tájékoztatnak a gyepszéna elemfelvételéről, elemforgalmáról a 2002. évben, magukban foglalva mindkét kaszálással kivont elemek összegeit a N-trágyázás függvényében. Az adatokból látható, hogy minden kimutatott elemnél többszöröződik az akkumulált elemek tömege a N-kontrollhoz képest. Átlagokat meghaladó felvételt jelez a Cu mintegy 8-szoros, a N mintegy 9-szeres, valamint a Na 32-szeres kivont mennyiséggel a N-kontrollhoz viszonyítva. A K és a P ellátottsági szintek ilyen hatását a 6. táblázat tekinti át.

A K-kínálattal a Ba készlete emelkedett a szénában, valamint a K mennyisége nőtt meg közelítően kétszeresére. Mérséklődött ugyanakkor a Ca, Mg és különösen a Na beépülése. A talaj oldható P-tartalmának növekedésével párhuzamosan emelkedett a P, S, Ba és Sr elemek kivont mennyisége. Kiugró a Sr több mint ötszörös felhalmozódása a P-túlsúlyos talajon, miközben a Mo csaknem 1/3-ára esik vissza ugyanitt. Más vizsgált elemek felvételében a P-trágyázás statisztikailag igazolható változásokat nem okozott (6. táblázat).

N-műtrágyázás hatása a gyepszéna elemfelvételére 2002-ben. Két kaszálás összegei
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mérték- egység(2)	N-trágyázás, N kg/ha/év(3)				SzD _{5%} (4)	Átlag(5)
		0	100	200	300		
K	kg/ha	32	133	171	191	25	132
N	kg/ha	16	63	118	148	9	86
Ca	kg/ha	7	26	32	37	2	25
S	kg/ha	5	13	17	18	2	13
P	kg/ha	5	12	15	16	2	12
Mg	kg/ha	3	9	14	16	1	10
Na	kg/ha	0.2	2.8	6.0	6.4	1.3	3.8
Fe	kg/ha	0.3	0.6	0.9	0.9	0.2	0.7
Mn	kg/ha	0.2	0.6	0.9	0.9	0.1	0.6
Al	kg/ha	0.2	0.5	0.6	0.6	0.1	0.5
Sr	g/ha	38	150	196	240	34	156
Zn	g/ha	17	63	83	89	30	63
Ba	g/ha	7	26	38	39	5	27
B	g/ha	9	27	32	32	2	25
Cu	g/ha	6	23	40	49	5	29
Ni	g/ha	1.4	5.1	6.0	7.4	1.7	5.0
Mo	g/ha	0.9	3.1	3.7	3.5	0.6	2.8

Megjegyzés: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se általában méréshatár (1g/ha) alatt maradt. Adatok a PK-kezelések átlagai(6)

Table 5: Effect of N-fertilization on the element uptake of hay in 2002. Sums of two cuts (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Measured elements(1), Measuring units(2), N-fertilization, N kg/ha/yr(3), LSD_{5%}(4), Mean(5), Note: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se usually under detection limits (1g/ha). Data given as means of PK-treatment(6)

A K (N×P átlagai) és P (N×K átlagai) ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére 2002-ben. Két kaszálás összegei
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mérték- egység(2)	Ammóniumlaktát (AL)-oldható K ₂ O, mg/kg(3)				SzD _{5%} (4)	Átlag(5)
		135	193	279	390		
K	kg/ha	81	122	151	173	25	132
Ca	kg/ha	27	26	25	24	2	25
Mg	kg/ha	12	11	10	9	1	10
Na	kg/ha	7	4	2	2	2	4
Ba	g/ha	21	25	28	35	5	27

Elem jele(1)	Mérték- egység(2)	Ammóniumlaktát (AL)-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg(6)				SzD _{5%} (4)	Átlag(5)
		66	153	333	542		
P	kg/ha	8	13	13	14	2	12
S	kg/ha	10	14	14	15	2	13
Sr	g/ha	56	93	178	295	34	156
Ba	g/ha	21	30	30	29	5	27
Mo	g/ha	5.1	2.2	2.1	1.8	0.6	2.8

Table 6: Effect of K (means of NP treatments) and P (means of NK treatments) supply levels on some element uptake of hay on in 2002 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Measured elements(1), Measuring units(2), Ammoniumlactate-soluble (AL) K₂O in plough-layer, mg/kg(3), LSD_{5%}(4), Mean(5), Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ in plough-layer, mg/kg(6)

A 7. táblázatban néhány kiemelt kezelés szénatermésének és elemfelvételének adatait közöljük, összevontan a két kaszálás eredményei alapján. Célunk bemutatni a 29 év alatt kialakult extrém tápláltsági szituációkat:

1. Abszolút kontroll: 29 éve semmiféle trágyázásban nem részesült ($N_0P_0K_0$)
2. Egyoldalúan csak mérsékelt N-trágyázásban részesült 100 kg/ha/év adaggal ($N_1P_0K_0$)
3. Mérsékelt 100 kg/ha/év N-adag mellett közepes PK-ellátottság ($N_1P_1K_1$)
4. Kielégítő 200 kg/ha/év N-adag mellett bőséges PK-ellátottság ($N_2P_2K_2$)
5. Túlzott 300 kg/ha/év N-adag mellett túlzott PK-ellátottság ($N_3P_3K_3$)

Mivel itt egyedi kezeléseket hasonlítunk össze, csak a két valódi ismétlés átlagaival dolgozhatunk belső ismétlések nélkül. Az $SzD_{5\%}$ szignifikancia értékek így négyszeresei a főátlagokra megadottaknak. A trendek ennek ellenére meggyőzőek. Mindenféle trágyázás nélkül a szénatermés 2002-ben mindössze 1.7 t/ha körüli. Első minimumban a N található, hiszen az egyoldalú 100 kg/ha/év N-adagolással a hozam csaknem 4-szeresére ugrik. A kiegészítő P és K trágyázással érdemben nem is változik a termés. Csak a maximális $N_3P_3K_3$ kezelésben kapunk 8.7 t/ha szénatömeget,

mely az abszolút kontroll hozamának 5-szörösét jelenti (7. táblázat).

Az extrém tápláltsági szituációt tekintve az alábbi különbségek adódtak az $N_0P_0K_0$ és $N_3P_3K_3$ kezelése között az egyes makroelemek felvételében 2002-ben: 34-302 kg/ha K, 15-168 kg/ha N, 8-35 kg/ha Ca, 5-22 kg/ha S, 4-22 kg/ha P (9-51 kg/ha P_2O_5), 3-14 kg/ha Mg. Nagyságrendbeli növekedést mutatott a Mn, Sr, Zn és Cu. A Mo 9-szeresére, a Na 23-szorosára ugrott az egyoldalú N-trágyázással, majd a felvétel töredékére esett az együttes NPK túlkínálattal. Az As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se mennyisége általában 1 g/ha méréshatár alatt maradt (7. táblázat).

Amennyiben az 1 t szénába épült elemtartalmakat, azaz az ún. fajlagos elemigényt vizsgáljuk megállapítható, hogy a műtrágyázás függvényében jelentős szórásokat mutatnak: a K 17-35 kg (20-42 kg K_2O), N 9-19 kg, Ca 3-5 kg, S 2,0-2,5 kg, P 1,3-2,5 kg (3,0-5,7 kg P_2O_5), Mg 1,4-1,9 kg között változott a 7. táblázat adataiból számolva. Ami a mikroelemeket illeti a Na 170-980 g, Fe 90-170 g, Mn és Al 60-120 g, Sr 10-50 g, Zn 7-25 g, Ba és B 3-6 g, Cu 3-6 g, Ni 0,4-0,9 g, míg a Mo 0,3-1,3 g/t széna fajlagos elemigényt jelzett. Adataink a gyep elemforgalmának méreteire utalnak, és iránymutatóul szolgálhatnak a műtrágyaigények becslésénél a szaktanácsadás során.

7. táblázat

Különböző NPK ellátottsági szintek hatása a gyepszéná terméssére és elemfelvételére 2002-ban. Két kaszálás összegei
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Széna, ill. elem jele(1)	Mértékegység(2)	NPK-ellátottsági szintek, ill. kombinációik(3)					$SzD_{5\%}$ (4)
		$N_0P_0K_0$	$N_1P_0K_0$	$N_1P_1K_1$	$N_2P_2K_2$	$N_3P_3K_3$	
Széna(5)	t/ha	1.73	6.74	6.96	7.30	8.68	2.0
K	kg/ha	34	112	150	187	302	100
N	kg/ha	15	57	101	99	168	36
Ca	kg/ha	8	28	27	34	35	8
S	kg/ha	5	13	14	19	22	8
P	kg/ha	4	9	14	17	22	8
Mg	kg/ha	3	13	10	13	14	4
Na	kg/ha	0.3	6.9	5.7	3.3	2.6	2.6
Fe	kg/ha	0.3	0.6	0.7	0.8	0.9	0.4
Mn	kg/ha	0.1	0.7	0.7	0.9	1.0	0.3
Al	kg/ha	0.2	0.4	0.6	0.5	0.5	0.3
Sr	g/ha	18	59	88	123	462	132
Zn	g/ha	20	80	50	54	213	60
Ba	g/ha	6	19	29	36	54	20
B	g/ha	11	31	25	34	29	8
Cu	g/ha	5	20	29	35	54	20
Ni	g/ha	1	3	4	6	8	3
Mo	g/ha	1	9	3	2	2	2

Megjegyzés: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se általában méréshatár (1g/ha) alatt maradt(6)

Table 7: Effect of NPK supply levels and combinations on the yield and element uptake of hay on 2002. Sums of two cuts (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld region)

Hay and measured elements(1), Measuring unit(2), NPK supply levels or combination(3), LSD_5 (4), Hay(5), Note: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se usually under detection limits (1g/ha)(6)

Amint a 8. táblázatban látható, a K és a Ba felvételét döntően az NxK pozitív kölcsönhatások befolyásolták együttesen közel egy nagyságrendbeli növekedést produkálva. Ugyanakkor a Ca és Na antagonisták beépülését a K-trágyázás mérsékelte. A Ca esetében ez a gátlás nem jelentős mindössze 10% körüli, míg a Na esetében az átlagos

felvétel kevesebb mint 1/3-ára esik vissza a K-túlsúllyal. A Ca felvétele 5-szörös különbségeket mutat, lényegében a terméssel párhuzamosan változik.

A Na-akkumulációban viszont 115-szörös eltérések adódnak, döntően a N-trágyázás serkentő hatása miatt.

8. táblázat

N×K (P átlagában) és N×P (K átlagában) kölcsönhatások a gepszéna elemfelvételében 2002-ben. Két kaszálás összegei
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhőrcsök, Mezőföld)

AL-K ₂ O mg/kg(1)	N-trágyázás, N kg/ha/év(2)				SzD _{5%} (3)	Átlag(4)
	0	100	200	300		
K kg/ha						
135	32	91	94	107		81
193	31	138	160	157	50	122
279	32	150	203	220		151
390	33	154	228	278		173
Ca kg/ha						
135	8	24	35	39		27
193	7	28	32	38	4	26
279	7	26	32	36		25
390	7	24	31	34		24
Na kg/ha						
135	0.2	5.0	10.6	11.5		6.9
193	0.1	3.3	6.4	7.1	2.6	4.2
279	0.1	1.5	3.7	4.0		2.3
390	0.1	1.3	3.4	3.0		2.0
Ba g/ha						
135	6	20	29	31		21
193	6	24	33	36	8.5	25
279	7	28	37	40		28
390	7	31	52	49		35
AL-P ₂ O ₅ mg/kg(5)	N-trágyázás, N kg/ha/év(2)				SzD _{5%} (3)	Átlag(4)
	0	100	200	300		
N kg/ha						
66	17	81	122	146		91
153	15	56	120	144	18	84
333	15	57	112	148		83
542	16	59	118	154		87
P kg/ha						
66	4	8	10	11		8
153	4	12	17	17	4	13
333	5	14	16	18		13
542	5	15	17	20		14
Mo g/ha						
66	0.8	6.2	7.8	5.9		5.1
153	0.9	2.3	2.7	2.8	1.2	2.2
333	1.0	2.1	2.5	2.9		2.1
542	1.0	2.0	2.0	2.4		1.8

Table 8: Effect of N×K (means of P treatments) and N×P (means of K treatments) supply levels on some element uptake of hay in 2002 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhőrcsök, Mezőföld region)

Ammoniumlactate-soluble (AL) K₂O in plough-layer, mg/kg(1), N-fertilization, N kg/ha/yr(2), LSD_{5%}(3), Mean(4), Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ in plough-layer, mg/kg(5)

Az N×P táblázat adatai szerint a N-felvétel közel nagyságrendi emelkedése alapvetően a N-trágyázás eredménye. A felvett P esetében is megnyilvánul az az általános jelenség, hogy N-trágyázás nélkül nincs érdemi javulás sem a termést, sem az egyes elemek beépülését illetően. Az együttes NP-kínálattal a

kivont P mennyisége már 4-5-szörösére nőtt az N-kontrollhoz viszonyítva. A Mo felvett mennyisége kerekén 1-8 g/ha között ingadozott. A N-trágyázással 8-10-szeresére emelkedett, míg a P-túlsúllyal közel 1/3-ával esett a betakarított szénával elszállított Mo tömege (8. táblázat).

IRODALOM

- Brune, H. (1992): Justus von Liebig und Wilhelm Henneberg, die Väter der wissenschaftlichen Tierernährung. In: Ergänzungsband der Tier-Chemie. 75-87. Agrimedia. Frankfurt/Main.
- Deller, B. (1988): 100 Jahre Bodenuntersuchung in VDLUFA. Bedeutung, Probleme, Erfolge. VDLUFA Schriftenreihe. 28:191-213.
- 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.
- Glas, E. (1992): The Liebig-Mulder controversy on the methodology of physiological chemistry. In: Ergänzungsband der Tier-Chemie. 107-124. Agrimedia. Frankfurt/Main.
- Günter, K.D. (1992): Die Tierernährungswissenschaften im Wandel der Zeiten. In: Ergänzungsband der Tier-Chemie. 89-93. Agrimedia. Frankfurt/Main.
- Howe, P.E. (1992): Liebig and the chemistry of animal nutrition. In: Ergänzungsband der Tier-Chemie. 95-106. Agrimedia. Frankfurt/Main.
- Kádár I. (2006): Mütrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyepen. Termés és elemtartalom. 6. Gyepgazdálkodási Közlemények 4: (In print.)
- Kádár I.-Györi Z. (2005): Mütrágyázás hatása a telepített gyp aminosav tartalmára és hozamára. 5. Gyepgazdálkodási Közlemények 3:11-20.
- Lakanen, E.-Erviö, R. (1971): A comparison of eight extractants for the determination of plant available mikroelements in soils. Acta Agr. Fenn. 123:223-232.
- Liebig, J. von. (1840): Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Vieweg und Sohn. Braunschweig.
- Liebig, J. von. (1842): Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie. Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn. Braunschweig. 342.
- Schüpbach, H. (1990): Futterbauliche und landwirtschaftpfliegerische Aspekte artenreicher Naturwiesen in der Schweiz. In: BAL Bericht. 1-12. Bundesanst. f. Alpenl. Landw. Gumpenstein.
- Sigmond E. (1904): Mezőgazdasági Chémia. Kir. Magy. Természettudományi Társulat. Budapest.
- Thamm F-né (1990): Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata. Agrokémia és Talajtan. 39:191-206.
- Wahnschaffe, F. (1903): Wissenschaftliche Bodenuntersuchung. 2. Auflage. Paul Parey. Berlin.
- Wolff, E. (1864): Entwurf zur Bodenanalyse. Die Landw. Versuchtst. 6:1-141.
- Wolff, E. (1872): Praktische Düngerlehre. 4. Auflage. Verlag Wiegandt und Hempel. Berlin.