

Műtrágyázás hatása a telepített gyep ásványi elemtartalmára 3.

Kádár Imre

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

ÖSSZEFOGLALÁS

Egy műtrágyázási tartamkísérlet 28. évében, 2001-ben vizsgáltuk az eltérő N, P, K ellátottsági szintek és kombinációik hatását a réti csenkesz (*Festuca pratensis*) vezérnövényű, nyolckomponensű pillangós nélküli gyepkeverék ásványi 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 x 4P x 4K = 64 kezelést x 2 ismétlést = 128 parcellát foglalt magában. A talajvíz 13-15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. A vizsgált 2001. évben kielégítő, 621 mm csapadék hullott és annak eloszlása is kedvező volt. A kísérlet módszerét, valamint a műtrágyázás termésre és N-felvételre gyakorolt hatását előző közleményünk foglalta össze (Kádár, 2004). Második közleményünk a gypszéna takarmányértékének változásait tekintette át (Kádár és Győri, 2005). Jelen munkánk a széna ásványi elemtartalmának alakulását mutatja be a N, P és K ellátottsági szintek függvényében. Főbb eredmények:

1. A N-kinálattal általában emelkedett a széna elem tartalma. Kivételt az Al és Mo jelentett mintegy 20-25% hígulást jelezve a N-kontrollhoz viszonyítva. A K, Ca, Mg, Mn, P, Sr, B, Ni 25-50%-os, S és Co 60-70%-os koncentráció-növekedést mutatott a maximális N-kinálattal. A N és a Cu több mint 2-szeresére, a NO₃-N és a Na 5-szörösére dúsult ugyanitt. A P-kinálat igazolhatóan 8 elem dúsulását, ill. 5 elem felvételének gátlását eredményezte. Az alacsony Zn-készlet tovább csökkent mintegy 20, Co 40, Al és Fe 50-60, Mo 70%-kal. Nőt viszont a Mn és Mg 10-20, a S, NO₃-N, Co 40-50, a Na és Sr 60-70, a P pedig 90%-kal a P-kontrollhoz képest. A K-trágyázás mérsékelten növelte a N, K és Ba beépülését, míg a többi elem felvételét 10-50%-kal mérsékelte az erősödő kationantagonizmus nyomán.
2. A P-kontroll talajon a P/Zn aránya 118, a P-túlsúlyos kezelésben 278 értékre emelkedett, a P-indukálta Zn-hiány kifejezetté vált. A PxK negatív kölcsönhatások eredményeképpen a Fe koncentrációja 307-ről 105, Al 206-ről 60, Mo 0,44-ről 0,05, Cr 0,33-ről 0,12 mg/kg értékre zuhant az anyaszénában. A kontroll talajon mért optimális 10 körüli Cu/Mo aránya a N-túlsúllyal 34-re, az együttes PK-trágyázással 40-80-szorosára tágult extrém Mo-hiányt indukálva.
3. A sarjúszenában átlagosan 20%-kal több K, N, Ca, Mg, Na; 40%-kal több Cu; 70-80%-kal több S és Mn; 90%-kal több Fe és P; 140%-kal több Al; 480%-kal több Mo található. A B-tartalom nem módosult, míg a NO₃-N mintegy 40%-kal csökkent. A Cu/Mo aránya a N-kontroll talajon 2,6, a N-túlsúlyos talajon 7,8 értéket mutatott. A P/Zn aránya a P-kontroll talajon 150, a P-túlsúlyoson 269 értéket jelzett. A P-indukálta Zn-hiány tehát a 2. növedékben is előállt, míg a Cu-indukálta Mo-hiány nem jelentkezett.
4. A sarjúszenában is igazolhatóan nőtt a N, K, Mg, P, Mn, Cu, Ni beépülése a N-kinálattal mintegy 20-50 %-kal a N-kontrollhoz viszonyítva. Ugyanitt a NO₃-N 4-szeresére, a Na pedig 10-szeresére ugrott. A Fe, Al, B, Mo, Cr 20-60%-os hígulást mutatott. A P-kinálattal serkentő hatás nyilvánult

meg a Mn, Sr, Cd, Co, S, P, valamint gátló hatás a Na, NO₃-N, Cu, Zn elemek esetében. A K-kinálattal általában mérséklődött a kationok, fémek tartalma a szénában. A P-indukálta Cd-akkumulációt a K-trágyázás képes volt ellensúlyozni.

5. Összefoglalóan megállapítható, hogy a tartós NPK műtrágyázás drasztikusan akár egy nagyságrenddel megváltoztathatja a takarmányszéna elemösszetételét és elemarányait a kiváltott szinergizmusok és ionantagonizmusok nyomán. Az 1. kaszálásnál pl. a mért elemekben az alábbi minimum-maximum koncentrációk jelentkeztek: N 0,90-3,02, Ca 0,4-0,7, S 0,14-0,32, P 0,12-0,30, Mg 0,10-0,24%; Na 70-700, Fe 100-288, Al 45-250, Mn 71-130, Sr 10-22, Zn 7-14, Ba 6-11, B 3,6-8,1, Ni 0,30-1,63, Cr 0,10-0,42, Mo 0,04-0,44, Co 0,04-0,12 mg/kg légszáraz anyagban.

Kulcsszavak: telepített gyep, NPK műtrágyázás, ásványi összetétel, diagnosztikai optimumok

SUMMARY

The effects of different N, P and K supply levels and their combinations were examined on the mineral element content of an established all-grass sward with seed mixture of eight grass species in the 28th year of a long term fertilization field experiment set up on a calcareous chernozem loamy soil. The lay-out and method of the trial as well as the fertilizer responses on the hay yield were published elsewhere (Kádár 2004). The effect of fertilization on the nutritional values and nutrient yield also described earlier (Kádár and Győri, 2005). The soil of the growing site contained around 3% humus, 5% CaCO₃, 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 x 4P x 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, the area was prone to drought. In 2001, however the area had a satisfactory amount of 621mm precipitation with a fairly good distribution. The grass was established on 21. September 2000. The main results and conclusions can be summarised as follows:

1. As a function of N-fertilization the element content of the 1st cut hay usually increased, except for Al and Mo, which showed dilution effects. The concentration of K, Ca, Mg, Mn, P, Sr, B, Ni enhanced with 25-50%, S and Co with 60-70%, N and Cu 2-times, NO₃-N and Na about 5-times compared to the N-control. The P-fertilization stimulated uptake of Mn and Mg for 10-20%; S, NO₃-N and Co for 40-50%, Na and for Sr 60-70%, P for 90%, however, inhibited the uptake of Zn and Co for 20-40%, Al and Fe for 50-60%, Mo for 70% compared to the P-control.
2. The P/Zn ratio showed on P-control soil optimal values of 118, while on highly P-supplied soil 278 P/Zn ratio, so indicating Zn-deficiency. As a function of PxK negative interactions, concentration of Fe dropped from 307 to 105 Al

from 206 to 60, Mo from 0.44 to 0.05, Cr from 0.33 to 0.12 mg/kg in air-dry hay. The Cu/Mo ratio on N-control soil showed the optimal value of approx. 10, while on heavily fertilized with N soil that of 40-80, indicating extreme Mo-deficiency.

3. The 2nd cut hay contained about 20% more N, K, Ca, Mg, Na, 40% more Cu, 70-80% more S and Mn, 90% more Fe and P, 140% more Al and nearly 5-times more Mo. The content of B did not change, while NO₃-N dropped about 40%. The Cu/Mo ratio showed value of 2.6 on N-control soil, while on heavily fertilized with N soil ratio of 7.8. The P/Zn ratio indicated on P-control soil optimal value of 150, while on overfertilized with P soil value of 269. So, the P-induced Zn-deficiency could also be proven in the 2nd cut hay, while the Cu-induced Mo-deficiency disappeared.
4. The N-fertilization stimulated in the 2nd cut hay also the accumulation of elements N, K, Mg, P, Mn, Cu and Ni with 20-50% compared to the N-control. The NO₃-N increased 4-times, while Na content 10-times. However the elements Fe, Al, B, Mo and Cr showed a dilution effect with 20-60%. The P-fertilization increased the concentration of Mn, Sr, Cd, Co, S and P, while decreased the content of Na, NO₃-N, Cu and Zn. As a general rule, the K-fertilization hindered the accumulation of metal cations. The P-induced Cd accumulation was fully counterbalanced by increasing K-supply of soil.
5. Summarizing above we can state that the long-term fertilization can drastically (in some cases with an order of magnitude) change the concentrations and ratios of elements built in hay through synergetic or antagonistic effects. In the 1st cut hay, for example, the minima-maxima contents of measured elements varied in air-dry hay as follows: N 0.90-3.02, Ca 0.4-0.7, S 0.14-0.32, P 0.12-0.30, Mg 0.10-0.24%; Na 70-700, Fe 100-288, Al 45-250, Mn 71-130, Sr 10-22, Zn 7-14, Ba 6-11, B 3.6-8.1, Ni 0.3-1.6, Cr 0.1-0.4, Mo 0.04-0.44, Co 0.04-0.12 mg/kg.

Keywords: established all-grass, NPK fertilization, mineral elements, diagnostic criteria

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Ami a gypszéna optimális elemtartalmát illeti, takarmányozási szempontból Horváth és Prohászka (1976, 1979) 2,0-3,0 % N, 0,26-0,34 % P, 1,5-2,0 % K, 0,6-0,8 % Ca, 0,18-0,20 % Mg és 0,12-0,16 % Na készletet ad meg. Véleményük szerint az optimális Ca/P arány 2-3:1, mert itt volt a legnagyobb a termékenyült tehének száma az első inszeminálásra. Ami a mikroelem-koncentrációkat illeti, 100-160 Fe, 60-100 Mn, 30-40 Zn, 8-10 Cu, 6-8 B és 0,5-1,5 Mo mg/kg sz.a. tartalmat tartottak megfelelőnek az említett szerzők. Alatta gyengének, felette túlzottnak minősítve az ellátottságot.

A Moszkvában kiadott trágyázási kézikönyv hangsúlyozza, hogy trágyázással nem csupán a növényi optimumok elérése a célunk, hanem a nagyobb állati szükségletek kielégítése. Ezért egyes elemekben a luxusfelvétel kívánatos. A fűvek elemösszetétele a termesztési/hasznosítási körülmények függvényében az alábbiak szerint változhat: 0,8-3,0 % N, 0,2-0,4 % P, 1,0-3,5 % K,

0,3-0,7 % Ca, 0,08-0,30 % Mg. Az 1 t szénában 15-20 kg N és K₂O, valamint 4-6 kg P₂O₅ van átlagosan, de intenzíven műtrágyázott állományban 35-40 kg N és K₂O, ill. 8-10 kg P₂O₅ tartalom is lehet, a fajlagos összetétel tehát tág határok között ingadozhat (Romasev, 1960).

Bergmann (1992) Németországban, nemzetközi adatokat is áttekintve a rét és legelő fűvek megfelelő elemösszetételére az alábbiakat közli: 2,6-4,0 % N, 0,35-0,60 % P, 2,0-3,0 % K, 0,6-1,2 % Ca, 0,2-0,6 % Mg, 35-100 mg Mn, 20-50 mg Zn, 6-12 mg B, 5-12 mg Cu és 0,15-0,50 mg Mo 1 kg szárazanyagban. A szerző által közölt koncentrációk az intenzíven műtrágyázott nyugat-európai gyepgazdálkodás viszonyait tükrözik, jelentősen meghaladva a korábbi orosz (Romasev, 1960) és magyar (Horváth és Prohászka, 1976, 1979) ajánlásait.

Finck (1982) hangsúlyozza, hogy a takarmányozási szempontból optimális összetétel, mely az állatok teljesítményét meghatározza, ma már alapvetően ismert. A növényi optimum és az állatok optimális ásványi elem igénye közeli vagy azonos lehet a P, S, Ca, Mg elemeknél. A K, B, Mo a növényben felhalmozódhat, ezért nem szabad az optimum fölé trágyázni, mert az állat számára káros lehet. A növények Na, Cl (fűveknél a Ca, Mg), Mn, Zn és Cu készlete viszont általában nem elégíti ki az állatok igényét. Tejelő tehének számára megfelelő pl.: 0,3-0,4 % P, 0,5-0,7 % Ca, 0,1-0,2 % Mg, 0,1-0,2 % Na, ill. 50-60 mg Fe és Mn, 30-50 mg Zn, 8-10 mg Cu, és 0,1 mg/kg sz.a. körüli Mo, Co, Se összetételű takarmány.

Kérdőzők takarmánya főként a gypszéna. A bendő-mikroorganizmusok tevékenységéhez minimálisan 1,4% N-tartalmú, azaz mintegy 9% nyersfehérjét tartalmazó takarmány szükséges, hogy a cellulóz emészthető legyen. Intenzív tartásnál 14-16% nyersfehérjével, tehát 2,0-2,5% N-tartalommal számolnak (Whitehead, 1970). Vinczeff (1998) szerint a takarmány akkor hasznosulhat a legjobban, ha a nyersfehérje:nyersrost aránya 1:2 körüli. N-bőség vagy a gyakori kaszálásnál rosthányi léphet fel luxusfehérje-fogyasztással. Mindez nemcsak gazdaságtalan, de egészségtelen is.

A takarmány minőségét, emészthetőségét döntően befolyásolja a kaszálás ideje. Tasi és Barcsák (2001) részletes vizsgálatai szerint az öregedéssel nőtt az állomány magassága, nyersrost és oldható cukor (május végéig) készlete, valamint csökkent az emészthetősége, nyersfehérje, víz és cseresav %-a. Más szerzők is hangsúlyozzák (Cooke, 1965; Prjanisnyikov, 1965; Haraszti, 1973; Vinczeff, 1998), hogy az első növedékben igen intenzívek a változások, mert kedvező a csapadék és a hőmérséklet viszonya, gyors a növekedés. Bánszki (1988, 1997) műtrágyázási tartamkísérleteiben bemutatta az ásványi, valamint a botanikai összetétel változásait, és megemlíti, hogy az állomány magasságával arányosan nőhet a termés tömege. Nagy trágyahatásokra általában az első növedéknél számíthatunk.

A gyep mikroelem-trágyázása terén kevés tapasztalattal rendelkezünk. Tölgyesi és Haraszti

(1967) egy sor mikroelemet alkalmazott rétláp legelőn. A termés tömege nem változott, csak a Mo nőtt meg Mo-trágyázás, ill. a Na a bórxax trágyázás nyomán. Tölgyesi (1965) a keszthelyi lápon termelt szálastakarmányok Cu és Mo készletét vizsgálva megállapította, hogy egyidejűleg áll fenn a Cu hiánya és a Mo többlete. A Cu/Mo hányados 3,7 körüli a hazai pázsitfűvekben, míg a lápon 0,7 átlagosan. A szervesanyagban gazdag talajok Mo-ban is gazdagok, míg a rezet megkötik. Pillangósokban a Cu/Mo aránya 0,1-0,2 értékre szűkül, mert a Mo 30-120 mg/kg sz.a. tartalmat, az erősen toxikus szintet is elérheti láptalajon.

A szerző szerint ezek az anomáliák a legelő állatban is nyomon követhetők, a szarvasmarhák homlokkoszorú szőrének Cu/Mo hányadosa a lápon 10-20 közötti, míg egyébként 30-90 tartományban van. „A szőr ásványi összetételében ugyanis nagyobb időszakok takarmányozása vetődik ki hozható takarmányozási naplóként, amely a helyzetet sokszor hűbben tükrözi, mint a takarmányozási nyilvántartás.” Hasonló talajon javasolható a Cu-trágyázás, kerülni kell a meszező anyagok használatát, amelyek növelhetik a Mo felvehetőségét és a pillangósok túlsúlyát (Tölgyesi, 1965, 1969).

Győri és Alapi (2003) a Felső-Tisza ártéri legelőinek ásványianyag tartalmát elemezve arra hívják fel a figyelmet, hogy az ismert pázsitfűvek és pillangósok növénycsoporton, gyepalkotó fajokon túl fontosak lehetnek az egyéb, hagyományosan gyomféléknek minősülő növényfajok a legelőkön. Legtöbb vizsgált tápelem tekintetében ugyanis az „egyéb növények” minősültek a leginkább értékesnek. Ez alól kivételt csupán a Mo jelentett, mely 1,0-1,2 mg/kg körüli maximális koncentrációját a pillangósokban mutatta. A pázsitfűvek bizonyultak a legszegényebbeknek Ca, Fe, Zn, Cu és Mo tartalmukat tekintve.

Schmidt (1993) az ásványi elemek szerepét taglalva és a hazai ellátottságot is értékelve arra utal, hogy az optimális Ca:P arány állatfajtól, termeléstől, stb. függően eltérhet. A Na és Cl só pótlása pusztán növényi takarmányokkal nem oldható meg. A Na-ürítés 2-3-szorosa a Cl-énak, a 0,15-0,20% Na-tartalom fedezheti az állat igényét. Mg hiánya nálunk általában nem fordul elő. Kifejlett állatok Fe szükségletét a táplálék fedezi. A tej Fe-ban szegény, szopósmalacok kiegészítésre szorulnak. A Zn hiánya tájjelleggel jelentkezik főként tejelő teheneknél, növendékborjaknál. Mn-hiány gyakori meszes talajokon, a takarmány Ca és Fe tartalma akadályozza a felszívódását. Homoktalajon gyakori a Cu-hiány, melyet a S és Mo túlsúlya is indukálhat.

Ami az igen kis mennyiségben előforduló és ritkán mért elemeket illeti, a szerző az alábbiakra utal. A Co-hiány helyenként legelőn felléphet. A fehérizom-betegséget okozó Se hiány hegyvidéki területeken, ill. a szuperfoszfát túltrágyázás nyomán előálló és S-túlsúlyú talajon lehet gyakori a S-Se antagonizmusból eredően. Mo és Ni hiánya ritkán fordul elő, a Cr és As hiányával sem kell számolnunk. A Pb hatása inkább csak toxikológiai szempontból ismert, melyre különösen a lovak

érzékenyek. A Ca bősége mérsékelheti az ólommérgezés súlyosságát (Schmidt, 1993).

A probléma felvetése valójában korábbi időkre, a tudományos kutatások kezdeteire nyúlik vissza. Már Liebig felteszi a kérdést: „Hogyan lehetséges, hogy valaha kétségeink voltak a talaj tápláló funkcióját illetően? Pedig létezett egy kor, amikor az ásványi elemeket nem tartották szükséges alkotóknak. A tengervíz tartalmazza mindazon anyagokat, melyekre a tengeri növényeknek szükségük van, és hamujukban is fellelhetők. A szárazföldön úgyszintén megfigyelhető az előbb leírt elemforgalom az egész talaj-növény-állat-ember láncban. Tápelemek talajból a növénybe, növényből az állatba és az emberbe jutnak. Az állati és emberi ürülék a növényi anyagból származik, mely korábban talajalkotóként létezett.” (Liebig, 1840-1876).

Ha a tejelő tehenet, folytatja a szerző, Ca-ban szegény takarmányon, mint pl. burgonyán és répán tartjuk, megbetegszik. A tej Ca-foszfátokat von el, melyet ilyenkor a csontjaiból pótol. A csontok elvesztik szilárdságukat, és nem lesznek képesek az állat súlyát hordozni. Hasonlóképpen a madarak Ca-hiányos táplálékon tartva csonttöréseket szenvednek, héj nélküli tojásokat tojnak, és végül elpusztulnak. A növényi fehérjék nitrogén, kén és foszfor készlete, ill. a takarmányok sói az állati vér és hús összetevői. Hamuelemzések eredményei szerint az állati vér és hús sói a takarmányokban kimutatott sókkal rokon összetételűek. Könyve összehasonlító táblázatokat közöl a növényi és állati szerek elemkészletéről.

A műtrágyázás drasztikus beavatkozást jelent a talajba és a rajta termő növénybe. A szakszerűtlen műtrágyahasználat idővel katasztrofális következményekkel járhat. Különösen a gyepgazdálkodásban, ahogy erre már franciaországi példákön Voisin (1961, 1964, 1965) rámutatott. A műtrágyázás általános gyakorlattá vált helyenként az intenzív gyepgazdálkodásban nálunk is, ezért a figyelmeztetést komolyan kell venni. Folyamatosan elemezni kell a műtrágyázás sokoldalú befolyását a környezetre, és különösen a hosszú távú kumulatív hatások, ill. a ritkán előforduló jelenségek feltárására alkalmas tartamkísérletek adataira kell támaszkodni.

Műtrágyák megváltoztathatják egy sor elem felvételét az antagonizmusok és szinergizmusok nyomán. Egy elem túlsúlya egyidejűleg hiányt is jelent más elem tekintetében. Érvényesül itt is a természet alapszabálya: a túl kevés és a túl sok egyaránt káros. Az optimális összetétel biztosítja a megfelelő minőséget, amely fenntartja a normális anyagcserét növényben, állatban és emberben. Kutatásaink célja tehát az arányosság, az optimumok megismerése, számszerűsítése és helyreállítása. Ma már pl. köztudott, hogy a 10:1 körüli N:S arány kívánatos a takarmányban 2-3% N és 0,2-0,3% S összetétellel ahhoz, hogy a bendőben mikrobiális úton fehérje képződjön.

Ismert, hogy kora tavaszon a buja növekedés sok N-nel, nitráttal és K-mal párosulva alacsony szárazanyag-tartalom mellett anyagcsere-zavarokat okozhat. Bendőben a nitrát nitritté, majd ammóniává alakul. Ha azonban az oldható szénhidrát nem

elégseges, a nitrit a véráramba kerülhet és mérgezést okozhat. A N és a K túlsúlya Mg-szegény talajon Mg-hiányt indukálva fűtetániát idézhet elő. Kedvező, ha a 2-3% K-tartalomhoz 0,2-0,3% Mg tartozik a takarmányban, tehát fennáll a 10:1=K:Mg arány.

A továbbiakban egy műtrágyázási tartamkísérlet eredményeit ismertetjük, amely lehetővé tette az eltérő tápelem-ellátottsági szintek és azok közötti kölcsönhatások bemutatását a telepített gyeptermesére, ásványi összetételére, minőségi jellemzőire. Első közleményünk a termésadatok és a N felvétel, ill. N-hasznosulás kérdését taglalta (Kádár, 2004). Második közleményünk a gypszéna takarmányozási értékmérő/minőségi jellemzőit tekintette át (Kádár és Győri, 2005). Jelen közlemény a gypszéna ásványi elemtartalmának változásait mutatja műtrágyázás hatására.

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% CaCO₃-ot és 3% humuszt tartalmaz. A pH(KCl) 7,3, az AL-P₂O₅ 60-80 mg/kg, AL-K₂O 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 alkalmazzuk pétisó formájában 0, 100, 200, 300 kg/ha/év N-adagban. A P és K trágyázás 0, 500, 1000, 1500 kg/ha P₂O₅ ill. K₂O 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 4N×4P=16×4K=64 kezelés × 2 ismétlés = 128 parcellában. A parcellák mérete 6×6=36 m², 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 hagyva 3,2×6=19,2 m² 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.HNO₃+cc.H₂O₂ roncsolás után, ICP

technikát alkalmazva. A N-tartalmat hagyományos cc.H₂SO₄+cc.H₂O₂ feltárásból határoztuk meg. A NO₃-N készletét 1:800 arányú desztillált vizes kivonatból mértük Thammné (1990) által ajánlott módszerrel.

Kaszálásonként és parcellánként bonitáltuk a növényállomány fejlettségét, borítottóságát, 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 NxPxK 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

Az 1. táblázat adatai szerint a vizsgált, ill. kimutatott makro- és mikroelemek koncentrációi általában igazolhatóan emelkedtek a N-kínálattal. Ez alól kivételt csupán az Al és a Mo mutatott. Érvényesült tehát a N ún. „hajtó”, egyéb elemek felvételét segítő hatása. A N serkenti a fehérjék szintézisét, a fehérjedús növények pedig ásványi elemekben is dúsulnak, gazdagok. Mindez maga után vonja a talaj fokozott igénybevitelét, tápelemekben való fokozott elszegényedését is. Lássuk, mely elemek akkumulációja jelez drasztikusabb változásokat?

Amíg az össz-N koncentrációja durván kétszereződik, a NO₃-N tartalma a koncentrációhoz viszonyítva csaknem hatszorosára emelkedik. A fehérjékbe be nem épült NO₃-N aránya a kontroll parcellán az össz-N mintegy 5%-a, míg a 300 kg/ha/év kezelésben 14%-ot tesz ki. Csökkent tehát a valódi fehérje aránya a N-túlsúly nyomán. Minőségromlást jelent ugyanitt a 0,25% NO₃-N megengedett (takarmányokra előírt) határkoncentrációjának túllépése is. Közel ötszörösére ugrik a Na-tartalom, és megkétszereződik a széna Cu tartalma. Látható tehát, hogy amikor N-nel trágyázunk, a széna ásványi összetevőinek szinte minden eleme változást szenved. Drasztikusan eltolódhatnak az egyes elemek egymáshoz viszonyított arányai és optimumai is.

Finck (1982) szerint a fűvek elemkészlete általában nem elégíti ki az állatok igényét. A N-

trágyázás elemfelvételt serkentő hatása e tekintetben tehát előnyösnek tekinthető. Esetünkben a pillangós nélküli gyepszéna még a N-nel igen jól ellátott kezelésben sem éri el a foszfornál 0,3-0,4%, nátriumnál 0,1-0,2%, réznél 8-10 mg/kg, kobaltnál és szelénél 0,1 mg/kg körüli kívánatos koncentrációtartományt. Megemlítjük, hogy az As, Hg, Cd, Pb, Se tartalma általában 0,1 mg/kg a szárazanyagban. Megemlítjük még, hogy az As, Hg, Cd, Pb, Se elemek tartalma általában 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt maradt (1. táblázat).

1. táblázat

N-műtrágyázás hatása a légszáraz gyepszéna elemtartalmára
2001. 05. 23-án

(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	%	1,86	2,37	2,26	2,38	0,09	2,22
N	%	1,10	1,87	2,09	2,39	0,16	1,86
Ca	%	0,48	0,56	0,58	0,62	0,03	0,56
S	%	,15	,25	,26	,26	,01	,23
P	%	,17	,22	,22	,23	,01	,21
Mg	%	,12	,17	,18	,18	,01	,16
NO ₃ -N	%	,06	,10	,22	,34	,03	,18
Na	mg/kg	109	488	574	535	62	426
Mn	mg/kg	83	106	114	118	5	105
Al	mg/kg	102	93	80	78	23	88
Sr	mg/kg	13	16	16	17	1	15
B	mg/kg	4,4	5,4	5,3	5,4	0,4	5,1
Cu	mg/kg	2,1	3,8	4,4	4,7	0,3	3,8
Ni	mg/kg	0,90	1,01	1,10	1,12	0,16	1,03
Mo	mg/kg	0,21	0,20	0,18	0,16	0,02	0,19
Co	mg/kg	0,05	0,07	0,07	0,08	0,02	0,07

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt. Adatok a PK kezelések átlagai(6)

Table 1: Effect of N-fertilization on the mineral element content of air-dried hay on May 23rd, 2001. (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, Hg, Cd, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit. Data given as means of PK-treatments(6)

A talaj P-kínálatával mérséklődött 5 elem koncentrációja a szénában: Al, Fe, Zn, Mo és Co. Az Al-ot nem tekintjük tápelemnek. A felére csökkent Fe-tartalom nem veszélyezteti a takarmány minőségét. A P-Zn ionantagonizmus eredményeképpen viszont (az amúgy is Zn-hiányos talajon) a Zn-szegény széna Zn-tartalma tovább mérséklődött. A foszfát-molibdenát anionantagonizmus tükröződik a drasztikusan süllyedő Mo készletben. Igazolható a Co tartalmában is a hígulás. Megállapítható, hogy az adott viszonyok

között a széna értékét/minőségét a rejtett Zn-hiány limitálhatja. Ismert, hogy a Zn hiánya különösen a triptofán esszenciális aminosav szintézisét gátolhatja. A P-ellátottsággal összefüggő elemkoncentráció változásait a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat

P-ellátottság hatása a légszáraz gyepszéna elemtartalmára
2001. 05. 23-án

(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mérték-egység(2)	AL-P ₂ O ₅ mg/kg(3)				SzD _{5%} (4)	Átlag(5)
		66	153	333	542		
S	%	0,17	0,24	0,26	0,25	0,01	0,23
P	%	0,13	0,20	0,24	0,25	0,01	0,21
Mg	%	0,14	0,16	0,17	0,17	0,01	0,16
NO ₃ -N	%	0,14	0,20	0,19	0,20	0,03	0,18
Na	mg/kg	298	448	486	474	62	426
Mn	mg/kg	95	111	112	103	5	105
Al	mg/kg	147	65	73	67	23	88
Fe	mg/kg	204	119	119	107	38	137
Sr	mg/kg	11	14	17	19	1	15
Zn	mg/kg	11	9	9	9	1	10
Ni	mg/kg	0,87	1,03	1,10	1,13	0,16	1,03
Mo	mg/kg	0,32	0,16	0,14	0,12	0,02	0,19
Co	mg/kg	0,08	0,07	0,06	0,05	0,02	0,07

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt. Adatok az NK kezelések átlagai(6)

Table 2: Effect of soil P-supply on the mineral element content of air-dried hay on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Measured elements(1), measuring units(2), Ammoniumlactate-soluble P₂O₅, mg/kg in the plow layer(3), LSD_{5%}(4), mean(5), note: As, Hg, Cd, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit. Data given as means of NK-treatments(6)

Ugyanakkor a P-kínálatával nő 8 ásványi elem készlete a gyepek hajtásában: S, P, Mg, NO₃-N, Na, Mn, Sr, Ni. A foszfortrágyák összetételét származásuk (nyersfoszfát alapanyag), valamint előállításuk módja határozza meg. Vizsgálataink szerint a Magyarországon alkalmazott nyersfoszfátok a volt Szovjetunióból importált Kóla-foszfátok alapanyaga miatt a legveszélyesebb szennyezőben, a Cd-ban szegények voltak. Átlagos összetételük az alábbiak adódott: Cd és Ni 1,0-1,2, Co 2,1-2,6, Cr 5-6, Pb 12-14, Cu és Zn 15-24, Mn 180-200, Ba 200-270, Mg 345-452 mg/kg. Az Al, K, Na, Si 0,16-0,24%, Fe 0,33-0,35%, Sr 1,10-1,20%, P 9-11%, S 13-15%, Ca 20-25% (Kádár, 1991, 1992). A szuperfoszfát műtrágya tehát elsősorban Ca-forrás lehet. Hasonló meszes talajon természetesen ez a szerepe nem mutatható ki. Másodsorban S- és P-forrás, ami a széna összetételében tükröződik is. Az Al, Si, Fe a legfontosabb talajalkotó elemek, melyek tömegét vagy felvehetőségét a műtrágyával szennyeződésként bevitt Al, Sr, Fe kis mennyisége

gyakorlatilag nem érinti, nem befolyásolhatja. Hasonló a helyzet a mg/kg mennyiségben kimutatott mikroelemek és Mg tekintetében. A gyepszéna Na és Sr tartalmának emelkedése viszont összefügg az alkalmazott szuperfoszfát Na és Sr készletével (2. táblázat).

Tapasztalataink szerint a fotoszintetizáló zöld növényi szövetek, mint a levél és a hajtás 8-12 közötti N/P ill. N/S arányt jeleznek a legtöbb szántóföldi kultúrában. A „normális” P/Zn aránya 50-150 között ingadozik (Kádár, 1992; Elek és Kádár, 1980). A fehérjék képződéséhez a növény ilyen arányban igényelheti a N, P, S, Zn elemeket. A P-indukálta Zn-hiány méretére utal, hogy a P-kontroll talajon a P/Zn aránya 118, tehát még az optimum tartományban található, hiszen mind a P, mind a Zn alacsony ellátottságot jelez koncentrációja alapján. A P-túlsúlyos, 542 mg/kg AL-P₂O₅ tartalmú kezeléseknél a P/Zn aránya 278 értékre tágul, a Zn-hiány kifejezetté válik. A 200 feletti P/Zn arány esetében Zn-igényes kultúrákban, mint pl. a kukorica a Zn-trágyázás hatékony lehet, terméstelebbel járhat.

A P-ellátottság javulásával mérsékelt, de igazolható emelkedést mutat a Mg, NO₃-N, Mn és Ni tartalma is a szénában. Ismert, hogy ha egy elem (esetünkben a P) ellátottsága limitálja más elemek felvételét és a termést, a korlátozó tényező megszűnésével más, nem antagonisták elemek felvétele javulhat. Amennyiben a talaj nem szegény az adott elemekben. Amennyiben a talaj nem képes biztosítani az egyéb elemek nagyobb felvehetőségét, a termés növekedése hígulást eredményezhet, és új elem(ek) kerülnek minimumba. Esetünkben a talaj Mg, NO₃-N, Mn és Ni kínálata követni tudta a javuló P-ellátottsággal előálló igényt. Nemcsak a termés nőhetett a P-trágyázással, de a termés elemkoncentrációja is (2. táblázat).

A K-trágyázás a termés tömegét érdemben nem befolyásolta, hatást gyakorolt azonban a széna elemösszetételére a 3. táblázat adatai szerint. Szinergista effektus érvényesült a K×N és K×Ba kapcsolatokban, tehát nemcsak a K %-a emelkedett, hanem a N és Ba koncentrációja is. A többi 10 elem tekintetében viszont a kationantagonizmus követhető nyomon, ezen elemek felvételét a növekvő K-kínálat mérsékeltte. Csaknem felére csökkent a Mo és Ni beépülése, mintegy harmadával az Al, Fe és B készlete. A Mo koncentrációját tehát a N, P és a K túlsúlya egyaránt drasztikusan csökkentette.

A továbbiakban arra keressük a választ, hogy milyen mérvű módosulásokat idézhetnek elő a fő tápelemek közötti kölcsönhatások, melyek egyszerűbb kísérletek, ill. a hagyományos vizsgálatok során rejtve maradnak előttünk. Az élet lényege pedig a kölcsönhatás, hiszen a természetben, a talaj-növény rendszerben ezek a kölcsönös viszonyok alakítják a növényi összetételt, elemek felvételét, a takarmány minőségét, és tarják fenn vagy nem tarják fenn a normális anyagcserét a talajban, növényben, állatban és emberben.

A növényi fejlődés oldaláról szemlélve a táplálás minőségét az ásványi tápelemek megfelelő arányai a kiegyensúlyozott trágyázást jelenthetik.

3. táblázat

K-ellátottság hatása a légszáraz gyepszéna elemtartalmára
2001. 05. 23-án

(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mérték-egység(2)	AL-K ₂ O mg/kg(3)				SzD _{5%} (4)	Átlag(5)
		135	193	279	390		
K hatására							
K	%	1,89	2,18	2,35	2,45	0,09	2,22
N	%	1,76	1,79	1,86	2,04	0,16	1,86
Ca	%	0,62	0,56	0,54	0,52	0,03	0,56
Mg	%	0,19	0,16	0,15	0,15	0,01	0,16
Al	mg/kg	103	87	91	71	23	88
Fe	mg/kg	163	137	134	115	38	137
Sr	mg/kg	16	15	15	14	1	15
Ba	mg/kg	6,3	6,7	8,3	9,0	0,6	7,6
B	mg/kg	6,0	5,1	4,8	4,6	0,4	5,1
Cu	mg/kg	4,0	3,6	3,8	3,6	0,3	3,8
Ni	mg/kg	1,30	1,01	1,14	0,68	0,16	1,03
Mo	mg/kg	0,23	0,21	0,19	0,12	0,02	0,19
Co	mg/kg	0,08	0,06	0,06	0,06	0,02	0,07

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt. Adatok az NP kezelésekre átlagai(6)

Table 3: Effect of soil K-supply on the mineral element content of air-dried hay on May 23rd, 2004. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsök, Mezőföld region)

Measured elements(1), measuring units(2), Ammoniumlactate-soluble K₂O mg/kg in the plow layer(3), LSD_{5%}(4), mean(5), note: As, Hg, Cd, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit. Data given as means of NP-treatments(6)

A 4. táblázatban közölt eredmények szerint az NxK pozitív kölcsönhatások nyomán az 1. kaszálású széna N-tartalma 0,96-2,72% között változott. A K esetében ez a tartomány 1,71-2,79% közötti. A Ca, Mg, Ni elemeknél a N növelte, míg a K mérsékeltte a beépülést. Ennek eredményeképpen a Ca koncentrációja 0,46-0,70%, a Mg 0,11-0,21%, a Ni 0,56-1,38 mg/kg tartományban módosult a szénában. Önmagában nem ítéltető meg azonban egy elem koncentrációja alapján, hogy diagnosztikai szempontból az kevés, kielégítő vagy sok. Figyelembe kell venni az egyéb kísérő elemek mennyiségét, egymáshoz való viszonyát. A Ca és Mg esetében a K-ot. A K/Ca aránya durván 7-5, a K/Mg aránya 10-18 között változott esetünkben. A K/Ni, ill N/Ni aránya 10-40 ezerszeres arányokat jelzett.

Kísérletünkben a három fő tápelem (N, P, K) koncentráció-optimumai, valamint azok arány-optimumai (N/P, K/P, N/K) ellenőrizhetők vágásonként.

Az első kaszálásnál közelítően a 2% feletti N és K, valamint a 0,2% feletti P jelezheti a kielégítő ellátottságot a szénában, melyhez a termésmaximumok kötődtek. Az N/P és K/P aránya itt 10 körüli, az N/K aránya 1 körüli volt.

4. táblázat

N×K-ellátottsági szintek hatása a légszár az gyepszénára N, K, Ca, Mg, Ni tartalmára 2001. május 23-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		
N %						
135	0,96	1,80	2,00	2,30	,31	1,76
193	1,10	1,84	1,94	2,28		1,79
279	1,14	1,90	2,15	2,26		1,86
390	1,21	1,94	2,29	2,72		2,04
Átlag	1,10	1,87	2,09	2,39		,16
K %						
135	1,71	2,03	1,82	2,02	,19	1,89
193	1,81	2,44	2,31	2,15		2,18
279	2,00	2,49	2,35	2,56		2,35
390	1,94	2,52	2,55	2,79		2,45
Átlag	1,86	2,37	2,26	2,38		,09
Ca %						
135	,48	,62	,66	,70	,06	,62
193	,46	,59	,59	,59		,56
279	,49	,52	,55	,59		,54
390	,46	,52	,52	,59		,52
Átlag	,48	,56	,58	,62		,03
Mg %						
135	,12	,20	,21	,21	,02	,19
193	,12	,18	,19	,18		,16
279	,12	,16	,17	,17		,15
390	,11	,15	,16	,17		,15
Átlag	,12	,17	,18	,18		,01
Ni mg/kg						
135	1,23	1,30	1,29	1,38	0,32	1,30
193	0,82	1,10	1,13	1,01		1,01
279	0,80	1,05	1,19	1,31		1,08
390	0,56	0,60	0,80	0,76		0,68
Átlag	0,85	1,01	1,10	1,12		0,16

Megjegyzés: adatok a P kezelések átlagai(5)

Table 4: Effect of NxK supply levels on the N, K, Ca, Mg and Ni content of air-dried hay on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem soil, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Ammoniumlactate-soluble K₂O mg/kg in the plow layer(1), N-fertilization, N kg/ha/yr(2), LSD_{5%}(3), mean(4), note: data given as means of P treatments(5)

Hangsúlyozni szükséges, hogy ezek az optimumok a réti csenkesz vezérnövényű, nyolckomponensű, pillangós nélküli gyepterék első kaszálására, az anyaszénára igazak.

Az 5. táblázatban az N×P kölcsönhatások tanulmányozhatók néhány elem tartalmának módosulására.

5. táblázat

N×P-ellátottsági szintek hatása a légszár az gyepszénára P, S, Na, Mn, Sr tartalmára 2001. május 23-án

(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

AL-P ₂ O ₅ mg/kg(1)	N-trágyázás, N kg/ha/év(2)				SzD _{5%} (3)	Átlag(4)
	0	100	200	300		
P %						
66	,14	,14	,12	,13	,03	,13
153	,17	,22	,21	,21		,20
333	,18	,26	,26	,27		,24
542	,18	,27	,28	,29		,25
Átlag	,17	,22	,22	,23		,02
S %						
66	,15	,18	,18	,18	,02	,17
153	,15	,27	,27	,27		,24
333	,15	,27	,30	,31		,25
542	,15	,27	,30	,30		,25
Átlag	,15	,25	,26	,26		,01
Na mg/kg						
66	164	384	321	321	124	298
153	104	504	628	555		448
333	84	537	682	639		486
542	83	525	663	524		474
Átlag	109	488	574	535		62
Mn mg/kg						
66	86	98	94	101	10	95
153	86	116	122	121		111
333	85	110	122	131		112
542	75	102	116	120		103
Átlag	83	106	114	118		5
Sr mg/kg						
66	10	10	10	11	2	11
153	12	15	15	15		14
333	14	17	17	20		17
542	16	19	19	21		19
Átlag	13	16	16	17		1

Megjegyzés: adatok a K kezelések átlagai(5)

Table 5: Effect of NxP supply levels on the P, S, Na, Mn and Sr content of air-dried hay on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ mg/kg in the plow layer(1), N-fertilization, N kg/ha/yr(2), LSD_{5%}(3), mean(4), note: data given as means of K-treatments(5)

A P, S, Na, Mn, Si koncentrációi pozitív kölcsönhatásokat jeleznek, emelkedő trendeket mutatnak mind a N, mind a P ellátottsági szintekkel. A P 0,13-0,29%, a S 0,15-0,30% között változik, tehát megkétszereződik az együttes NP-kínálattal. A Na rendkívül érzékenyen reagál, és durván a 100 mg/kg értékről 600 mg/kg értékre ugrik. A Mn 80-120 mg/kg tartományban mérsékelten változik. A Sr szintén kétszeresére nő, 10 mg/kg értékről 20 mg/kg-ra. A kálisó 5-10% Na-ot tartalmaz, tehát Na-forrás. A növényi Na beépülését döntően mégis a pétisó, kisebb mértékben a szuperfoszfát növelte, mely műtrágyák Na-ot csak nyomokban tartalmaznak. Mindez ismét felhívja a figyelmet a szinergizmusok és antagonizmusok növényi felvételben játszott fontos szerepére.

A 6. táblázatban közölt Fe, Al, Mo, Cr fémeknél a PxK negatív kölcsönhatásokat szemléltetjük.

Ezen fémek koncentrációja mind a P, mind a K ellátottsági szintekkel csökken, esetleg a kontrollon mért érték töredékére zuhan. A Fe 307-ről 105, az Al 206-ról 60, a Mo 0,44-ről 0,05, a Cr 0,33-ről 0,10-0,13 mg/kg értékre. Mindez szinte hihetetlen, hiszen ezen elemekkel trágyázás nem folyt, és a műtrágyák sem minősülnek Fe/Al/Mo/Cr-forrásnak. Mégis, a Fe, Al és Cr közelítően 1/3-ára mérséklődik, míg a Mo csaknem nagyságrendileg szegényedik el a szénában. A kielégítő Mo-ellátottságú csernozjom talaj a műtrágyázás nyomán Mo-hiányossá válik. Valójában a talaj Mo-készlete nem csökkent, csupán a növényi Mo-felvétel szenvedett gátlást. Ez a jelenség talajvizsgálatokkal nem ismerhető fel, csak a növényelemzés tárhatja fel a mechanizmust.

A legtöbb szerző szerint növénydiagnosztikai szempontból a pázsitfűvek kielégítő Cu-tartalma 5-10, Mo-tartalma 0,5-1,0 mg/kg tartományban van, azaz az 5-10 közötti Cu/Mo arány tekinthető kedvezőnek.

Kísérletünk N-kontroll talaján a Cu 2,1, a Mo 0,21 mg/kg értéket mutatott az 1. növedékben. Mindkét elem koncentrációja kicsi volt, bár arányuk a 10 körüli optimumot mutatta. A N-túlsúly nyomán a Cu 5,4 mg/kg-ra nőtt, míg a Mo 0,16 mg/kg-ra süllyedt, a Cu/Mo aránya tehát kerekén 34-re tágult. A N-trágyázás relatív Cu-túlsúlyt, ill. extrém Mo-hiányt indukált a szénában az 1. táblázat adatai alapján. Az együttes PK-trágyázással szintén előállt az extrém Mo-hiány. A Cu koncentrációja ugyan érdemben nem módosult a PK-trágyázással, de drasztikusan csökkent a Mo koncentrációja és így a Cu/Mo aránya 20-40-szeresére tágult. Sőt a kifejezett PK-túlsúly eredményeképpen (P₃K₃ kezelésben) a Cu Mo-hez viszonyított túlsúlya 80-szorosára ugrott. Lássuk a továbbiakban, hogyan alakul a 2. kaszálással betakarított széna összetétele? A 7. táblázatban a N-trágyázás, míg a 8. táblázatban P-ellátottság függvényében bemutatott eredmények alakulása követhető nyomon.

Az október 9-én betakarított sarjúszéna ásványi elemekben általában gazdagabb volt, mint az anyaszéna. Így pl. a K, N, Ca, Mg, Na 20-30%-kal, a Cu 40%-kal, a S és Mn 70-80%-kal, a P és Fe 90-100%-kal, az Al kerekén 140%-kal, míg a Mo

átlagosan csaknem 5-szörösen haladta meg az 1. kaszálású széna elemkészletét. A B érdemben nem tért el, a NO₃-N pedig 56%-kal volt kevesebb a sarjában. A N-kontroll talajon a Cu 4,2, a Mo 1,6 mg/kg koncentrációt mutatott a 2. növedékben, a Cu/Mo aránya 2,6 értékre szűkült, enyhe Cu-hiányt, ill. Mo-túlsúlyt jelezve. A 300 kg/ha/év N-kezelésben a Cu 6,2 mg/kg-ra nőtt, a Mo viszont felére 0,8 mg/kg-ra süllyedt, tehát a Cu/Mo 7,8-ra tágult. A N-trágyázás az optimális tartományba juttatta a Cu/Mo arányát (7. táblázat).

6. táblázat

P×K-ellátottsági szintek hatása a légszáras gyepszéna Fe, Al, Mo, Cr tartalmára 2001. május 23-án

(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

AL-K ₂ O mg/kg(1)	P-ellátottsági szintek, AL-P ₂ O ₅ mg/kg(2)				SzD _{5%} (3)	Átlag(4)
	66	153	333	542		
Fe mg/kg						
135	307	119	127	101		163
193	175	149	115	107	76	137
279	197	104	118	116		134
390	140	103	114	105		115
Átlag	204	119	119	107	38	137
Al mg/kg						
135	206	72	73	63		103
193	139	71	72	67	46	87
279	148	59	76	80		91
390	97	60	69	60		71
Átlag	147	65	73	67	23	88
Mo mg/kg						
135	,44	,18	,15	,15		,23
193	,30	,16	,17	,15	,04	,19
279	,34	,20	,15	,15		,21
390	,24	,09	,09	,05		,12
Átlag	,33	,16	,14	,12	,02	,19
Cr mg/kg						
135	,33	,14	,17	,10		,19
193	,20	,14	,16	,17	,08	,17
279	,20	,12	,13	,14		,15
390	,14	,12	,14	,13		,13
Átlag	,22	,13	,15	,13	,04	,16

Megjegyzés: adatok a N kezelések átlagai(5)

Table 6: Effect of P×K supply levels on the Fe, Al, Mo and Cr content of fair-dried hay on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Ammoniumlactate-soluble K₂O mg/kg in the plow layer(1), P-supply levels, ammoniumlactate soluble P₂O₅ mg/kg in the plow layer(2), LSD_{5%}(3), mean(4), note: data given as means of N-treatments(5)

A 7. táblázat adataiból az is megállapítható, hogy a N-trágyázás „hajtó” hatása a legtöbb elem felvételében itt is érvényesült.

A N-kontrollhoz viszonyítva a Mn mintegy 15; a K, N, Mg, P, Cu, Ni 35-50%-kal emelkedett a bőségesebb N-kínálattal. Ugyanitt a NO₃-N 4-szeresére, a Na pedig 10-szeresére ugrott.

Érdemben nem módosult a S és a Ca koncentrációja, míg ma B tartalma 18%-kal, Fe 32, Mo 50, Al és Cr 60%-kal esett vissza a N-nélküli parcellákhoz képest.

7. táblázat

N-műtrágyázás hatása a légszáras gyp hajtásának elemtartalmára 2001. 10. 09-én

(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mérték-egység (2)	N-trágyázás, N kg/ha/év(3)				SzD _{5%} (4)	Átlag (5)
		0	100	200	300		
K	%	2,23	2,70	2,97	3,10	0,15	2,75
N	%	1,78	2,17	2,68	2,75	0,16	2,35
Ca	%	0,79	0,69	0,70	0,70	0,05	0,72
S	%	0,42	0,38	0,42	0,44	0,05	0,41
Mg	%	0,23	0,24	0,28	0,31	0,02	0,27
P	%	0,24	0,31	0,34	0,35	0,02	0,31
NO ₃ -N	%	0,04	0,06	0,11	0,17	0,02	0,10
Na	mg/kg	82	395	748	842	130	517
Mn	mg/kg	171	172	180	197	10	180
Al	mg/kg	380	170	132	156	51	209
Fe	mg/kg	420	230	260	285	56	278
B	mg/kg	5,6	4,5	4,5	4,6	0,3	4,8
Cu	mg/kg	4,2	4,8	6,0	6,2	0,3	5,3
Ni	mg/kg	1,6	1,7	2,1	2,1	0,2	1,9
Mo	mg/kg	1,6	1,0	0,8	0,8	0,2	1,1
Cr	mg/kg	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3

Megjegyzés: As, Hg, Pb, Se 0,1 mg/kg kimutatósi határ alatt. Adatok a PK kezelések átlagai(6)

Table 7: Effect of N-fertilization on the mineral element content of air-dried hay on October 9th, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Measured elements(1), measuring units(2), N-fertilization, N kg/ha/yr(3), LSD_{5%}(4), mean(5), note: data given as means of PK-treatments. As, Hg, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit(6)

A P-trágyázás nyomán 6 elem koncentrációjában figyeltünk meg serkentő, ill. 4 elem esetében gátló hatást.

A változások statisztikailag igazolhatók. A Mn mintegy 13, Co 36, P 46, S 52, Sr 82, Cd 100%-kal emelkedett az extrém 542 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságú talajon, összevetve a P-szegény P-kontroll 66 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságú talajával. Ugyanitt a Cu 14, Zn 20, NO₃-N 33, Na 41%-kal mérséklődött (8. táblázat).

8. táblázat

P-ellátottság hatása a légszáras gypszena elemtartalmára 2001. 10. 09-én

(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mérték-egység (2)	AL-P ₂ O ₅ mg/kg(3)				SzD _{5%} (4)	Átlag (5)
		66	153	333	542		
S	%	0,31	0,43	0,45	0,47	0,03	0,41
P	%	0,24	0,31	0,34	0,35	0,02	0,31
NO ₃ -N	%	0,12	0,09	0,09	0,08	0,02	0,10
Na	mg/kg	698	486	472	411	130	517
Mn	mg/kg	163	183	189	185	10	180
Sr	mg/kg	17	23	27	31	2	24
Zn	mg/kg	16	14	14	13	2	14
Cu	mg/kg	5,90	5,14	5,09	5,05	0,24	5,30
Co	mg/kg	0,11	0,14	0,13	0,15	0,03	0,13
Cd	mg/kg	0,03	0,06	0,06	0,06	0,02	0,05

Megjegyzés: As, Hg, Pb, Se 0,1 mg/kg kimutatósi határ alatt. Adatok az NK kezelések átlagai(6)

Table 8: Effect of P-supply levels on the mineral element content of air-dried hay on October 9th, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Measured elements(1), Measuring units(2), Ammoniumlactate soluble P₂O₅ mg/kg in the plow layer(3), LSD_{5%}(4), Mean(5), Note: data given as means of NK-treatments. As, Hg, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit(6)

9. táblázat

K-ellátottság hatása a légszáras gypszena elemtartalmára 2001. 10. 09-én

(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mérték-egység(2)	AL-K ₂ O mg/kg(3)				SzD _{5%} (4)	Átlag(5)
		135	193	279	390		
K	%	2,55	2,81	2,86	2,80	0,15	2,75
Ca	%	0,78	0,74	0,70	0,66	0,05	0,72
Mg	%	0,30	0,27	0,25	0,25	0,02	0,27
Na	mg/kg	798	415	385	469	130	517
Sr	mg/kg	26	25	24	22	2	24
Ba	mg/kg	9	10	12	13	2	11
Cd	mg/kg	0,06	0,06	0,05	0,03	0,02	0,05

Megjegyzés: As, Hg, Pb, Se 0,1 mg/kg kimutatósi határ alatt. Adatok az NP kezelések átlagai(6)

Table 9: Effect of K-supply levels on the mineral element content of air-dried hay on October 9th, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Measured elements(1), measuring units(2), Ammoniumlactate soluble K₂O mg/kg in the plow layer(3), LSD_{5%}(4), mean(5), note: data given as means of NP-treatments. As, Hg, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit(6)

Megemlítjük, hogy a K-trágyázással nem jelentősen, mindössze 10%-kal nőtt a széna K-tartalma, egyéb elemek beépülése általában nem módosult, vagy a kationantagonizmus következtében mérséklődött. Így pl. a Ca, Mg, Sr 10-20%-kal, míg a Na és Ba mintegy 40%-kal, a Cd koncentrációja 50%-kal csökkent. A Cd esetében a K-trágyázás ellensúlyozta a P-indukálta Cd-felhalmozást, a K-kontroll talajon mért 0,06 mg/kg Cd a szénában 0,03 mg/kg értékre süllyedt a K-túlsúly eredményeképpen (9. táblázat).

A 64 egyedi kezeléskombinációt figyelembe véve pl. a minimum-maximum koncentrációk az alábbiak szerint alakultak a kísérletben az 1. vágáskor: K 1,54-2,89%, N 0,90-3,02%, Ca 0,4-0,7%, S 0,14-0,32%, P 0,12-0,30%, Mg 0,10-0,24%; Na 70-700, Fe 100-288, Al 45-250, Mn 71-130, Sr 10-22, Zn 7-14, Ba 6-11, B 3-8, Ni 0,30-1,63, Cr 0,10-0,43, Mo 0,04-0,44, Co 0,04-0,12 mg/kg légszáraz anyagban. Az As, Hg, Pb, Se mindkét vágásnál a 0,1 mg/kg kimutatósi határ alatt maradt. A Cd az 1. kaszálás szénájában még nem, de a 2. kaszáláskor már kimutatható volt a szénában.

IRODALOM

- Bánszki T. (1988): NPK műtrágya mennyiségi és aránykísérlet intenzív telepített gyepen. *Növénytermelés*. 37/3: 247-257.
- Bánszki T. (1997): Telepített gyep NPK műtrágyázása csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 46/5:499-508.
- Bergmann, W. (1992): *Nutritional Disorders of Plants*. Gustav Fischer Verlag. Jena-Stuttgart-New York.
- Cooke, G.W. (1965): *Trágyázás és jövedelmező gazdálkodás*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Egnér, H.-Riehm, H.-Domingo, W.R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. *Lantr. Högsk. Ann.* 26:199-215.
- Finck, A. (1982): *Fertilizers and Fertilization*. Verlag Chemie. Deerfield Beach. Florida, Basel.
- Győri Z.-Alapi K. (2003): A Felső-Tisza ártéri legelőinek ásványianyag-tartalma. *Gyepgazd. Közlemények*. 1:32-34.
- Haraszti E. (1973): *Az állat és legelő*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Horváth R.-Prohászka K. (1976): Adatok a rét-legelő növényzetének tápelem-tartalmáról. *Növénytermelés*. 23/1:51-56.
- Horváth R.-Prohászka K. (1979): Ösgyepék tápelemtartalmát befolyásoló tényezők. *Bot. Közlem.* 66:103-107.
- Kádár I. (2004): Műtrágyázás hatása a telepített gyep termésére és N-felvételére. *Gyepgazdálkodási Közlemények*. (In print).
- Kádár I.-Győri Z. (2005): Műtrágyázás hatása a gyepszéna takarmányértékére. *Gyepgazdálkodási Közlemények*. 2. (In print)
- 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.
- Liebig, J. von. (1840-1876): *Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban*. Szerk.: Kádár I. 1996. MTA Talajtani és Agrokémiái Kutató Intézete. Budapest.
- Prjanisnyikov, D.N. (1965): *Csasztnoe zemledelie*. Izd. „Kolosz” Moszkva.
- Romasev, P.I. (1960). Luga i pasztviscsa. In: *Szpravocsnyik po mineral'nüm udobrenijam*. 331-336. Szerk.: Katalümov, M.V. Gosz. Izd. Sz/h. Literaturü. Moszkva.
- Schmidt J. (Szerk: 1993): *Takarmányozástan*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Tasi J.-Barcsák Z. (2001): Néhány gyepnővény fejlődési fázisa és takarmányminőségének változása közötti összefüggések vizsgálata. *Növénytermelés*. 50/1:31-42.
- Thamm Fné (1990): Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan*. 39:191-206.
- Tölgyesi Gy. (1965): A keszthelyi lápon termelt szálastakarmányok réz és molibdén tartalmának takarmányozási vonatkozásai. *Magyar Állatorvosok Lapja*. 20:502-506.
- Tölgyesi Gy.-Haraszti E. (1967): Tapasztalatok a legelő mikroelem trágyázása során. *Növénytermelés*. 16/1:7-14.
- Tölgyesi Gy. (1969): A növények mikroelem tartalma és ennek mezőgazdasági vonatkozásai. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest.
- Vinczeffly I. (1998): Lehetőségeink a legeltetéses állattartásban. *Tanulmány*. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok. 16. DATE. Debrecen.
- Voisin, A. (1961): *Lebendige Grasnarbe*. BLV Verlagsgesellschaft. München.
- Voisin, A. (1964): *A talaj és a növényzet, az állat és az ember sorsa*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- 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.