

Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyepon. Termés és elemtartalom. 6.

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 gyekeverék 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 gyepek összesen 221 mm csapadékot kapott, beleszámítva a téli félévet is, tehát a 8 hónapos tenyészideje alatt. A 2. kaszálású sarjúnak 3 hónapos tenyészideje alatt összesen 180 mm csapadék állt rendelkezésére. A kísérlet beállításának körülményeit, módszerét, valamint az 1. éves eredményeinket korábbi közleményeink taglalták (Kádár, 2005a, b). Főbb következtetések:

1. A két kaszálás szénatermése kereken 1.4-8.0 t/ha, míg a zöld fűtermés 5.0-24.0 t/ha között változott az N×P kölcsönhatások eredményeképpen. Döntőnek a N-trágyázás bizonyult, mely a szénaterméseket megötszörözte. A P-hatások csak az 1. kaszálásban tükröződtek, míg a K-ellátás a termés tömegét érdemben nem befolyásolta.
2. A 100 kg/ha/év N-adagnál 1 kg N-re 129 kg fű vagy 48 kg széna, a 200 kg/ha/év adagnál 42 kg fű vagy 11 kg széna, míg a 300 kg/ha/év adagnál 19 kg fű vagy 4 kg széna többletermés jutott. Maximális N-kínálattal a széna NO₃-N készlete a megengedett 0.25% fölé emelkedett, és az össz-N 26%-át már ez a forma tette ki az 1. kaszálás idején. Szaktanácsadási szempontból a termőhelyen a 130-150 mg/kg ammoniumlaktát (AL) oldható P₂O₅ és K₂O készlete tekinthető kívánatosnak a szántott rétegben 200 kg/ha/év átlagos N-kiegészítéssel.
3. A N-trágyázással nőtt a N, K, Mg, NO₃-N, Na, Mn és Cu, valamint mérséklődött a S, P, Al, Fe, B és Mo beépülése az anyaszénába. A talaj növekvő P-ellátottsága serkentette a P, Ca, Mn, Sr és Ba, illetve mérsékelte a S és Mo felvételét. A K-kínálattal emelkedett a K és Ba, míg gátlást szenvedett az antagonista kationok (Ca, Mg, Na) és Mo beépülése.
4. Az indukált Mo-hiány a takarmány minőségét veszélyeztetheti, mely a trágyázatlan talajon mért 1.0 mg/kg értékről 0.1-0.2 mg/kg értékre zuhant a maximális NPK trágyázás nyomán. Ugyanitt a normálisnak tekintett 2-4 ezer körüli P/Mo aránya 20 ezer fölé emelkedett. A 2. kaszálásnál az indukált Mo-hiány jelensége visszaszorult. Kifejezetté vált viszont a P-Zn antagonizmus, illetve az indukált Zn-hiány. A P-kontroll talajon a sarjúszéna 15 mg/kg, a P-túlsúlyoson 10 mg/kg Zn koncentrációt mutatott. Ugyanitt a P/Zn aránya a még elfogadható 167-ről 364-re tágult.
5. A 2. kaszálásból származó sarjúszéna kicsi termése ásványi elemekben gazdagabb, mint az anyaszéna nagy termése. A legtöbb elembe a dúsulás 30-50%-ra tehető. Az átlagos N-készlet viszont ezt meghaladóan kétszeres, míg az Al, Fe és Mo tartalom több mint kétszeres akkumulációt jelzett. Kiugró,

25-szörös változást mutatott a Na-koncentrációja a szénában az N×K kölcsönhatások eredményeképpen, az antagonista K és a szinergista N befolyása alatt.

Kulcsszavak: NPK műtrágyázás, telepített gyepek, szénatermés, elemösszetétel

SUMMARY

The effects of different N, P and K supply levels and their combinations were examined on the hay yield and mineral element content 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 1st year results of the trial were published earlier (Kádár, 2005a, b). The main conclusions can be summarised as follows:

1. As a function of N×P fertilization the two cuts of the hay yield made up 1.4-8.0 t/ha while the green herbage 5.0-24.0 t/ha. The N-fertilization was of vital importance, which increased the hay mass 5 times. The P-response was moderate in the 1st cut while there were no K-responses at all on this soil with 135 mg/kg ammoniumlactate (AL) soluble K₂O values in plough layer.
2. On those plots well supplied with PK the 100 kg/ha/yr N-treatment gave a total of 48 kg surplus hay/kg N applied. The 200 kg/ha/yr N-treatment yielded 11 kg, while the 300 kg/ha/yr N-treatment yielded 4 kg surplus hay/kg N applied. The NO₃-N content of the 1st cut hay increased over permitted 0.25% level when using the maximum N-rate and made up this NO₃-N form 26% of the total-N pool. The optimum PK-supplies in this site seems to be about 130-150 mg/kg AL-P₂O₅ and AL-K₂O in plow layer with 200 kg/ha/yr N applied.
3. N-fertilization enhanced the content of N, K, Mg, Na, Mn, Cu and NO₃-N, while the concentration of S, P, Al, Fe, B and Mo dropped in the primary hay. The increasing P-supply stimulated the uptake of P, Ca, Mn, Sr and Ba, while hindered the uptake of S and Mo. The K-fertilization rose the content of K and Ba and diminished the concentration of Mo and the antagonistic metal cations like Ca, Mg and Na.
4. The NPK fertilization-induced Mo-deficiency can first of all jeopardized the fodder quality in this site. On the unfertilized plots the hay showed around 1.0 mg Mo /kg D.M., while on the N₃P₃K₃ plots 0.1-0.2 mg/kg D.M. The P/Mo ratio lifted from 2-4 thousand up to 20 thousand. In the 2nd cut this phenomena partly disappeared, while developed the P-Zn antagonism. On P-control plots measured 15 mg/kg Zn

dropped to 10 mg/kg while the P/Zn ratio rose from 167 up to 364.

5. The 2nd cut hay had a little yield, yet was rich in minerals having 30-50% higher average element content compared with the primary hay. However the N, Al, Fe and Mo showed 2-times higher concentrations in the 2nd cut hay. There were found extra large, 25-fold differences in hay Na content as a function of N×K supply levels under synergetic effect of N and antagonistic effect of K treatment.
6. Summarizing the above we can state that the long-term fertilization may drastically change the content and ratios of elements built in hay through synergetic or antagonistic effects. In the air-dried 1st cut hay for example, the minima-maxima concentrations of measured elements varied as follows: N 0.7-3.0%, K 1.3-3.0%, Ca 0.3-0.5%, Mg 0.13-0.21%, S 0.15-0.32%, P 0.10-0.32%; Na 50-1400, Mn 60-120, Al 50-120, Fe 70-140, Sr 8-170, Zn 6-40, Ba and B 3-6, Cu 2.5-5.5, Ni 0.4-1.4, Mo 0.1-1.0 mg/kg.

Keywords: NPK-fertilization, established grassland, hay yield, element-content

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A gyepgazdálkodással kapcsolatos hazai irodalom rendkívül gazdag és sokrétű. A továbbiakban néhány magyar, ill. magyar nyelven megjelent forrás részletesebb bemutatásával (talán önkényesen válogatva) áttekintjük a gyepek megítélésére, ill. főként a trágyázásra vonatkozó szemléletek alakulását az elmúlt másfél évszázad folyamán. Talán Korizmic et al. (1855) véleményét kell először megemlíteni, aki szerint a hazai legelők elhanyagoltak, a széna elégtelen, és a minősége is rossz. Pedig, folytatja, „... a széna úgyszólván a legközönségesebb takarmány, s némileg minden gazdasági vonós állatnak főbb eledele”.

Ditz (1867) a magyar mezőgazdaság helyzetét összevetve Ny-Európa természeti és gazdálkodási viszonyaival, arra a következtetésre jut, hogy az Alföld természeti adottságai miatt nem igazán alkalmas a belterjesebb állattenyésztésre. „A fű nemesak téli, hanem nyári álmát is alussza a magyar szteppén a szárazság miatt. De még inkább rendszertelensége, nagy ingadozása miatt.” A bőség és az éhínség váltakozik, nem ritka a termés és az állatállomány teljes pusztulása aszályos években. A rét-legelők hiányzik az emberi munka (öntözés, művelés, trágyázás), mely a természeti katasztrófát tompítaná. Az állattenyésztésnek mint önálló ágazatnak két formája terjedt el a világ gazdaságban. A belterjességet Anglia és Hollandia jelenti a tej és vaj termelésével. Piac periferiáin az extenzív hústermelést találjuk. Magyarország túlságosan távol fekszik a nagy európai „világpiactól”. Túlságosan közel azonban ahhoz, hogy pusztán az extenzív legeltetésből megéljen – állapítja meg.

Cserháti és Kosutány (1887) a trágyázás alapelveit taglalva gyepeken főként a komposztot, hígtrágyát, fekáliát javasolják alkalmazni. De nem utasítják el a műtrágyákat: „A réti füvek a nitrogént könnyen oldható állapotban kívánják, a salétrom alakjában nyújtott nitrogént mohón veszik fel, és

nagy terméssel hálálják meg. Azonban a réti széna piaci ára oly alacsony, hogy a terméstopplett rendszeren nem fedezi a drága nitrogéntrágya költségeit.” Megjegyzik még, hogy „...tözegezes réteken a káli-trágyát kitűnő eredménnyel alkalmazták, ily réteken tehát nálunk is kísérleteket lehetne tenni káli-trágyával”.

Révai Nagy Lexikona (1924) szerint: „Rét vagy kaszáló állandóan fűvet termő telek, melynek lekaszált termése a széna. Rét a birtoknak igen becses része, mert a legalkalmasabb takarmányt a legkevesebb költség mellett szolgáltatja. A nem öntözhető és áradásoknak ki nem tett rétek trágyázásra szorulnak, ami 3-4 évente ismétlendő”. Legjobb az érett istállótrágya, de ebből alig jut a rétre, így marad a komposzt vagy keveréktrágya. Javasolja még a trágyalé, PK-műtrágyák és Thomas-liszt használatát. A savanyú lápi réteket a fahamu, márga, mészpor, iszap javíthatja.

Dresdner (1927) a két háború közötti németországi tapasztalatokat elemzi és veti össze a hazai állapotokkal. A Bajorországból indult zöldmező mozgalom 1919-ben bontott zászlót és hirdette meg célját: „Bőséges legelőket és réteket, sok, jó és olcsó takarmányt, sok húst a német népek, tejet a német gyermekeknek, sok és jó minőségű trágyát a német mezőgazdaságnak, hogy többet és jobban termelhesen”.

Dresdner (1927) szerint hamis az az állítás, hogy az ottani eredmények nálunk nem érhetőek el, mert „a német klíma” kedvezőbb. Döntő általában nem a klíma, hanem a talaj kultúrállapota, a trágyázás, a fűmag minősége és a szakértelem, tehát a befektetett emberi munka. Szilézia példáján bizonyítja, hogy a természeti körülmények sokban hasonlítanak a hazai viszonyokhoz, viszont a gyepek gondozása eltér, és főleg a trágyázásban csúcsosodik ki. „Általánosan elterjedt a komposztok és a műtrágyák használata. ... Ott ég ki a legelő, még Németországban is, ahol nem trágyáznak, ill. a talaj kultúrállapota nincs rendben.”

Ami a klimatikus viszonyokat illeti, a csapadék mennyisége Sziléziában is 500-600 mm közötti. A maximum júliusban, míg nálunk júniusban hullik. A nyár hűvösebb, mint nálunk, de szelesebb, száritó. A füvek aktív tenyészideje alatti május-szeptember hónapokra számított bioklimatikus jellemző, azaz 1 °C-ra jutó mm csapadék Sziléziában 3,8, nálunk Ny-Dunántúlon 4,0, Alföldön 3,1. Az ország 23%-án jobb, 8%-án azonos, 69%-án pedig ez a mutató rosszabb, mint Sziléziában. Fejér megyére 96 °C hőösszeg/308 mm csapadékösszeg mellett 3,2-es hányadost mutat ki.

Nálunk a nyári hónapokban megnő a hőmérséklet, és a csapadék gyakran lecsökken vagy el is maradhat. A °C/mm hányadosa akár 0 is lehet. Sávoly Ferenc, a Kir. Orsz. Meteorológiai Intézet Agrometeorológiai Osztály vezetője által összeállított és Dresdner könyvében közölt tanulmány szerint 1876-1926. között az Alföldön, az 51 esztendő alatt, a bioklimatikus érték 1 alá süllyedt májusban 7, júniusban 2, júliusban 9, augusztusban 14, szeptemberben 9 ízben. A 4-5 mm csapadék °C-onként már kockázatmentessé teszi a

gyepgazdálkodást a forró nyári időszakban is. Dresdner kiemeli a kutatás, az oktatás és a szaktanácsadás szerepét a német gyepgazdálkodás fejlődésében. Intenzíven folyik a nemesítés, fűmagtermesztés, kísérleti hálózat segíti a meszezési, trágyázási kérdések megoldását. Új gyepgazdálkodási tanszékek létesülnek, a szaktanácsadás a termőhely részletes feltárása alapján a gazdáknak részletes útmutatást ad az újratelepítéshez, fűmag-keverék megválasztásához, vízelvezetéshez, talajjavításhoz, a termőhely viszonyaira adaptálva.

Dresdner (1927) javaslatokat fogalmaz meg a hazai szakmai fórumok számára is, aláhúzva, hogy a követendő útra a tudományos kísérletek eredményei mutathatnak rá. Közli a talajmintavétel módját, az elvégzendő laboratóriumi vizsgálatok megnevezését és költségeit. Könyvével a zöldmező mozgalmat és az „egy szekér trágya” mozgalmat indítja el: minden gazda a legeltetett állatok száma szerint egy szekér trágyát vitt a legelőre.

Viljamsz (1950) az élőlő füvek takarmányozási jelentőségét méltatja, „... melyek minden más takarmánynövényt felülmúlnak abban, hogy bennük rendkívül kedvező a N-mentes és a N-tartalmú szerves anyagok aránya, és bármilyen mennyiségben kerülnek is az állatok takarmányába, az állatokra nincs káros hatásuk”. A természetes gyepekben akár 90%-ot is képviselhetnek. Leveleiket leszáradván is megőrzik, míg más fajoknál az értékes levél a talajra kerülhet, szénatomegét pedig a szár adja. Másrészt a fűfélék szárának és levelének összetétele élesen nem különbözik, nincs extrémén sok vagy kevés cellulóztartalom bennük.

A szerző szerint a mesterséges állandó rét is előregszik, fokozódó gondoskodást, művelést és trágyázást igényel, termése és a ráfordított munka hatékonysága csökken. Célszerű összeolvasztani a gyepgazdálkodást a szántóföldi növények termesztésével füves vetésforgó keretei között. Az igényes olaj- és rosnövényeknél, kertészeti kultúráknál jelentkezik a talajuntság. Oka részben az, hogy a talajban felszaporodik a káros mikrofauna a talaj hasznos mikroflórájával szemben. Szükségessé válhat a talajsterilizálás, vagy a talajcsere a kertészetekben. Korábban az Európában elterjedt talajégetések is ezt a célt szolgálták. Az élőlő füvek után néhány évvel a talajuntság megszűnik, a káros mikrofauna eltűnik, helyreállhat a talaj szerkezete. Az aerob mikrofauna nem viseli el a gyep gyökérzete által létrehozott O_2 hiányt és intenzív gyökéraktivitást (Viljamsz, 1950).

A Mezőgazdasági Lexikon (1958) a rét trágyázása kapcsán az alábbiakat közli: „Szerves trágyák közül legalkalmasabb a komposzt trágya, mert egyenletesen elosztható, aránylag könnyen befogasztható és valamennyi tápanyagot tartalmazza. Használható az egészen érett szarvasmarha-trágya és a trágyalé is. A trágyákat ősszel hordjuk ki és terítjük el, tavasszal a szalmás részeket összegereblyezzük, vagy fogással összegyűjtjük”. A műtrágyákat fontos kiegészítőnek tekinti, mert nem elég a szerves trágya.

Gruber (1960) szerint a gyökérzet fő tömegét az 5-20 cm-es talajrétegben találjuk, bár némely fűfajok hajszálgyökerei 160-200 cm mélységben is előfordulhatnak. Megjegyzi, hogy „a műtrágyáktól nem várhatunk tartós hatást”. Azok csupán a szerves trágyák, mint az érett istállótrágya és a fekáliakomposzt kiegészítői lehetnek. A magyar termőföldek ugyanis általában gazdagok ásványi anyagokban. Műtrágyák alapvetően a talajélet szabályozását szolgálhatják a tápanyag-egyensúly helyreállításával. Kreybig (1951) álláspontját osztja, mely szerint a foszfor és kálium műtrágyák is csak akkor érvényesülhetnek, ha a talaj N szolgáltatás megfelelő, azaz humuszban gazdag vagy bőségesen istállótrágyázott. Az említett szerzők szemlélete még a műtrágyák szélesebb körű elterjedését megelőző időszak viszonyait tükrözi.

Gruber (1962) kívánatosnak tartja, hogy fele-fele részben legyen aljfü és szálfü, ill. legalább 20% pillangós. Régi mondás, hogy „a rét a szántó anyja”, hiszen az elvitt termés trágyája a szántót gazdagítja. Az 1 t széna vagy 4 t fű $16-6,5-20=N-P_2O_5-K_2O$ kg tápelemet tartalmaz, amit pótolni kell. A szerkezet nélküli homok- és szikes talaj igényelheti az istállótrágyát. Másutt ez felesleges lehet, hiszen a gyep talajában 2-3-szor annyi a szerves anyag, mint a szántón. Célszerű jól szórható fekáliakomposztot alkalmazni, trágyalével vagy húgylével a réteket öntözni. Utóbbiak N és K elemekben gazdagok. Említi még a feketetes trágyázást, amikor a területet a delelő jószág 1 héti trágyázta; a kosarazást vagy esztenázást, amikor a juhok az adott parcellán néhány héti szállásolnak.

Balázs (1961) megállapítja, hogy kulcs a N-ellátás, mert csak így tartható fenn a gyepszint megfelelő C/N aránya. Különböző gyeptalajban felhalmozódó tág C/N arányú gyökértömeg lebomlása lassul, nem áll be az egyensúly. A N hiánya a gyep degradációját eredményezheti, értéktelebb fajok elszaporodásával. Hazai adatok szerint a pillangósok aránya a gyepekben általában 10% alatt van, ezért a N csak trágyázással biztosítható. N nélkül mérsékelt, 4-5 t/ha körüli szénatermést biztosíthat. Megjegyezzük, hogy Ausztriában a pillangósok N-kötése legfeljebb 7 t/ha körüli szénatermést biztosíthat Schlechner (1972) közlése szerint. Új-Zélandon ugyanakkor akár a 20 t/ha szárazanyag-hozam N igényét biztosíthatják a herefélék (Whitehead, 1970).

Antal et al. (1966) a homoki gyepgazdálkodást érintve könyvükben aláhúzzák a csapadékhiány, ill. a rossz csapadékeloszlás negatív következményeit. A gyepek májusban még kielégítő takarmányt szolgáltatnak, majd általában nyárra kiégnek. A sovány csenkeszes növénytársulást tekintik előnyösnek. A zárt állomány termése és minősége trágyázással javítható. Mivel a homoktalajok PK elemekben is szegények, az egyoldalú N-trágyázás nem célravezető. Kívánatos a teljes NPK műtrágyázás, mely ugrásszerűen növelheti a termést, és javítja a herefélék arányát. Főként a szarvaskerep erősödhet meg, mely a legfontosabb pillangósok minősülhet homokon.

Vinczeff (1998) áttekintve lehetőségeinket a legeltetéses állattartásban megállapítja, hogy a gyepek gyökérzetének több mint 70%-a a talaj felső 10 cm-ében található irodalmi adatok, főként a hazai vizsgálatok szerint. Ideális, ha a talajvízszint 50-150 cm rétegben van. A fűvek és a pillangósok gyökerei az altalajból is képesek vizet és tápelemeket felvenni. Megfelelő talajon pl. a nádascsenkesz 2 m-re is lehatol hajszálgyökereivel, így érvényesülhet a talajfeltáró, szerkezetjavító hatás a mélyebb rétegekben is.

Vinczeff (1998) hangsúlyozza, hogy a gyepek víz- és tápelemigénye kifejezett. A csapadék és a hőmérséklet viszonyából számított klímaindex alapján Mezőföldön 737 mm vízigény jelentkezik, mely elvileg 12.5 t/ha szárazanyagot eredményezhet. A vízhiány azonban e körzetben -210 mm körüli átlagosan. A fűkeverék pillangósai mintegy 50-150 kg/ha/év N-t szolgáltathatnak. Meghatározó a N-műtrágya, különösen a pillangós nélküli gyepekben, mely jól hasznosul, ha 1 kg N 22-25 kg szárazanyagot, ill. 3 kg nyersfehérjét termel. Kísérleti eredmények szerint az ös-gyep termése felülvetéssel és műtrágyázással megtízszerezhető, a hazai termések 1-40 t/ha sz. a tartományban ingadozhatnak.

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 alkalmaztuk 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 30 év alatt 0, 3000, 6000, 9000 kg/ha N-t használtunk fel. A növények által fel nem vett N 40-60%-át NO₃-N formában tudtuk kimutatni a túltrágyázott talajon. Az időnként végzett mélyfúrásaink szerint a NO₃-N 20-30 cm/év 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 1 éves gyepek alatt a feltalaj NO₃-N készlete drasztikusan lecsökkent, még a 300 kg/ha/év N kezeléseknél is, ami visszavezethető jelentős részben a növénybe épült hatalmas N-mennyiségekre. A két kaszálással felvett N földfeletti mennyisége megközelítette a 400 kg/ha tömeget. Akár hasonló lehetett a gyökerekbe épült N mennyisége is (Kádár, 2005a).

A 3 évtized alatt 0, 1500, 3000, 4500 kg/ha P₂O₅ felhasználásra került sor, mely tükröződik a feltalaj ammóniumlaktát oldható P-készletén. Egyaránt megtalálható a gyenge, közepes, igen jó és a káros P-ellátottság. Hasonló a helyzet a talaj mobilis K-készletét illetően. Talajvizsgálatokat 2000 őszén a gyepek telepítése előtt végeztünk.

A kísérletben alkalmazott kezeléseket és a talaj szántott rétegének oldható elemtartalmát az 1. táblázat tekinti át.

1. táblázat

Kezelések és hatásuk a talaj szántott rétegének oldható elemkészletére
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Műtrágyázás és talajvizsgálat(1)	Kezelések, ill. műtrágyázási szintek(2)				SzD _{5%} (3)	Átlag(4)
	0	1	2	3		
N kg/ha/év(5)	0	100	200	300	-	150
N kg/ha/30év(6)	0	3000	6000	9000	-	4500
P ₂ O ₅ kg/ha/30 év(7)	0	1500	3000	4500	-	2250
K ₂ O kg/ha/30 év(8)	0	2500	5000	7500	-	3750
AL-P ₂ O ₅ mg/kg(9)	66	153	333	592	42	274
AL-K ₂ O mg/kg(10)	135	193	279	390	32	249

Table 1: Treatments and their effects on the soluble PK-content in plow layer (Calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Fertilization and soil analysis(1), Treatments or fertilization levels(2), LSD_{5%}(3), Mean(4), N kg/ha/yr(5), N kg/ha/30 yrs(6), P₂O₅ kg/ha/30 yrs(7), K₂O kg/ha/30 yrs(8), Ammoniumlactate soluble AL-P₂O₅(9), AL-K₂O mg/kg(10)

Az elmúlt évtizedekben igyekeztünk minden fontosabb szántóföldi növényfaj agrokémiájával foglalkozni és feltárni a tápláltsági állapot, valamint a termés, termésелеmek, ásványi összetétel, gyomosodás, betegség-ellenállóság, minőségi jellemzők közötti számszerű összefüggéseket, megismerni a növényi és talajbani optimumokat, orientálni a szaktanácsadást. Erre utal a kísérlet

növényi sorrendje, amely a 2. táblázatban tanulmányozható. A kísérlet első 2 évtizedének főbb eredményeit „A növénytáplálás alapelvei és módszerei” c. kézikönyv (Kádár, 1992) foglalta össze. Az egyes években nyert kísérleti adatok növényfajonként megjelentek, ill. megjelennek a Növénytermelés, ill. az Agrokémia és Talajtan c. folyóiratok hasábjain.

2. táblázat

Növényi sorrend a kísérletben 1974-2003. között
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörccsök, Mezőföld)

N°	Évek(1)	Kísérleti növény(2)	N°	Évek(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	Spénót(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 1974-2003 (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörccsök, Mezőföld region)

Years(1), Crop species(2), Winter wheat(3), Maize(4), Potato(5), Winter Barley(6), Oats(7), Sugarbeet(8), Sunflower(9), Poppy(10), Rapeseed(11), Mustard(12), Spring barley(13), Oilflax(14), Soybean(15), Flax(16), Pea(17), Triticale(18), Sorghum(19), Fodder maize(20), Carrot(21), Rye(22), Millet(23), Bean(24), Italian ryegrass(25), Spinach(26), Grasses(27)

A gyepterelítését a spénót betakarítása után 2000. szeptember 20-án végeztük el 8 komponensből álló gyepvetőmag keverékével. 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, réti komócsin, zöld pántlikafű és a csomós ebir.

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 $3,2 \times 6 = 19,2 \text{ m}^2$ nettó parcellák területét értékeltük az eke általi talajáthordás hatásának kizárása céljából. Laboratóriumi vizsgálatok céljára parcellánként 20 helyről a fűkasza után átlagmintákat vettünk. Mintáknak mértük a friss és légszáraz tömegét 50 °C-on történt szárítást követően,

majd finomra öröltük, és 23-25 elemre vizsgáltuk $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ roncsolás után, ICP technikát alkalmazva.

3. táblázat

A kísérletben elvetett fűmagkeverék összetétele

N°	Komponensek(1)	kg/ha(2)	%(3)
1	Réti csenkesz (Festuca pratensis)(5)	15,0	25
2	Nádképi csenkesz (Festuca arundinacea)(6)	12,6	21
3	Angol perje (Lolium perenne)(7)	12,6	21
4	Taréjos búzafű (Agropyron cristatum)(8)	5,4	9
5	Vörös csenkesz (Festuca rubra)(9)	3,6	6
6	Réti komócsin (Phleum pratense)(10)	3,6	6
7	Zöld pántlikafű (Phalaris arundinacea)(11)	3,6	6
8	Csomós ebir (Dactylis glomerata)(12)	3,6	6
Összesen(4)		60,0	100

Table 3: Seed mixture of sown grass species

Components(1), kg/ha(2), %(3), Total(4), Meadow fescue(5), Tall fescue(6), Perennial ryegrass(7), Agropyron(8), Red fescue(9), Timothy(10), Reed canarygrass(11), Cocksfoot(12)

A N-tartalmat hagyományos cc.H₂SO₄+cc.H₂O₂ feltárásból határoztuk meg. A NO₃-N készletét 1:800arányú 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 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), valamint az NH₄-laktát-oldható PK tartalmat Egnér et al. (1960) szerint.

Ami a csapadékellátottságot illeti, az alábbiakra utalunk. Az elővetemény spenót betakarítása után a 2000. év II. félévében még 220 mm csapadék hullott. 2001. május 23-ig, az 1. kaszálásig további 171 mm esőt kapott a terület. Elméletileg tehát a gyeppel 391 mm csapadékot hasznosíthatott. A 2001. október 9-én történt 2. kaszálásig 368 mm újabb csapadéktömeg érkezett. Mindez lehetővé tette, hogy a gyeppel első évében kielégítő termések képződjenek, hiszen a csapadék mennyisége elérte, sőt meghaladhatta a téli csapadékkal együtt a klímaindex által Mezőföld agroökológiai körzetre Vinczeff (1998) által kívánatosnak tartott 737 mm optimumot. A havi, negyedéves és az éves csapadékösszegek adatait a vizsgált 2000-2003. években a 4. táblázat foglalja össze.

A második termő évben 2002. május 28-án volt az 1. kaszálás. Téli félévben a gyeppel 82+43=125 mm, áprilisban 41, májusban 55 mm, azaz összesen a terület a 8 hónap alatt 221 mm csapadékot kapott. 2002. szeptember 3-án volt a 2. kaszálás. A 3 hónap alatt a sarjuszéna fejlődéséhez mindössze 180 mm állt rendelkezésre. Az átlagos szénahozamokban a vízhiány tükröződött. Különösen a trágyázatlan kontroll parcellák termése esett vissza.

2003-ban egyetlen kaszálás történt, június 2-án. 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. Az alacsony 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 gyeppel csak egy részét tudta hasznosítani.

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 kéttényezős vagy kéttényezős eredménytáblázatokban az SzD_{5%} értékek a sorokra és az oszlopokra azonosak, így azokat csak egyszer tüntetjük fel. E közleményben a 2. évi eredményeinket közöljük, az 1. évben kapott termés és elemösszetétel adatainak bemutatására a közelmúltban került sor (Kádár, 2005a, b).

4. táblázat

A havi, negyedéves és az éves csapadékösszegek adatai, mm
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)

Időszak(1)	2000	2001	2002	2003	43 éves átlag(2)
Január(3)	31	44	11	29	29
Február(4)	19	0	18	34	27
Március(5)	32	62	14	5	31
I. negyedév(6)	82	107	43	68	87
Április(7)	53	47	41	22	42
Május(8)	20	17	55	30	47
Június(9)	10	47	32	18	68
II. negyedév(10)	82	111	128	70	158
Július(11)	44	80	64	88	55
Augusztus(12)	11	129	84	25	56
Szeptember(13)	43	113	65	27	48
III. negyedév(14)	98	321	213	140	159
Október(15)	32	0	32	92	41
November(16)	34	57	32	39	54
December(17)	57	25	28	16	42
IV. negyedév(18)	122	82	92	147	137
Éves összeg(19)	384	622	476	425	540

Table 4: Monthly, Quarterly and Yearly sums of precipitation, mm (Calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsök, Mezőföld region)

Period(1), Average of 43 Years(2), January(3), February(4), March(5), Sum of 1st quarter(6), April(7), May(8), June(9), Sum of 2nd quarter(10), July(11), August(12), September(13), Sum of 3rd quarter(14), October(15), November(16), December(17), Sum of 4th quarter(18), Yearly sum(19)

EREDMÉNYEK

Mivel a K-trágyázás, ill. a talaj K-ellátottsága érdemben nem befolyásolta a 2. éves gyeppel szénatermését, adatainkat a meghatározó N×P ellátottsági szintek függvényében közöljük az 5. táblázatban. Döntőnek mindkét kaszálásnál a N-trágyázás bizonyult, mely a N-kontrollhoz viszonyított hozamokat ötszörösére növelte. Maximális terméseket a 300 kg/ha/év N-adag biztosította, de a 200 kg/ha/év N-adag felett a terméstartalom a két kaszálás összegét tekintve már nem igazolható, és természetesen nem is tekinthető gazdaságosnak. A három hónapos, viszonylag száraz időszakban fejlődött sarjuszéna tömege mindössze ¼-ét tette ki az anyaszéna mennyiségének.

N×P ellátottsági szintek hatása a 2. éves légszáraz gyepszéna termésére 2002-ben, t/ha
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, 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		
2002. május 28-án(5)						
66	1.27	4.89	5.11	5.17		4.11
153	1.10	5.80	6.50	6.12	0.78	4.88
333	1.02	5.52	5.54	5.97		4.51
542	1.07	5.45	5.76	6.17		4.61
Átlag(4)	1.11	5.42	5.73	5.86	0.39	4.53
2002. szeptember 3-án(6)						
66	.39	1.17	1.73	1.92		1.30
153	-.35	.71	1.72	1.88	0.15	1.17
333	.35	.77	1.56	2.07		1.17
542	.38	.75	1.62	1.70		1.11
Átlag(4)	.37	.85	1.66	1.89	0.08	1.19
Két kaszálás együtt*(7)						
66	1.66	6.07	6.84	7.09		5.41
153	1.45	6.51	8.22	8.00	0.85	6.04
333	1.37	6.29	7.11	8.04		5.70
542	1.45	6.20	7.37	7.87		5.72
Átlag(4)	1.48	6.27	7.38	7.75	0.43	5.72
1 kg N-re jutó átlagos többletermés kg-ban(8)						
Zöld fű(9)	-	129	42	19	14	63
Széna(10)	-	48	11	4	5	21

*Míg a széna 1.4-8.0, a zöld fütermés 5-24 t/ha között ingadozott az N×P ellátottság függvényében. Az NK trágyázás igazolhatóan 34%-ról 32%-ra mérsékelte a fű szárazanyag-tartalmát. Adatok a K-kezelések átlagában közölve(11)

Table 5: Effect of N×P supply levels on the hay yield of grass in the 2nd year in 2002, t/ha (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Ammoniumlactate soluble P₂O₅ mg/kg in plow-layer(1), N kg/ha/yr(2), LSD_{5%}(3), Mean(4), 1st cut on 28th May(5), 2nd cut on 3rd September(6), 2 cuts together(7), Surplus hay kg/kg N(8), Fresh herbage(9), Air-dry hay(10), Note: while the hay gave 1.4-8.0 t/ha, the fresh herbage gave 5–24 t/ha yields as function of N×P supply levels. The NK fertilization decreased the DM-content of fresh grass from 34% to 32%. Data given as means of K-treatments(11)

Ami a P-hatásokat illeti, megállapítható, hogy az 1. kaszálásnál átlagosan 1 t/ha körüli terméstöbbleteket kaptunk a N-nel is kezelt P₁ ellátottsági szinten. A 153 mg/kg AL-P₂O₅ tartalom felett a szénatermések csökkenő tendenciát mutattak. A N nélküli kezelések P-hatásokat nem jeleztek, amennyiben első minimum tényezőt a N-ellátottság képezte. A sarjűszénában viszont már igazolható depressziót okozott a mérsékelt P-trágyázás is a száraz növekedési periódusban. A két kaszálás szénatermése kereken 1.4-8.0 t/ha, míg a zöld fütermés 5.0-24.0 t/ha között ingadozott az N×P kölcsönhatások eredményeképpen. Az együttes NK-trágyázás igazolhatóan 34%-ról 32%-ra mérsékelte a fű szárazanyag-tartalmát. A 100 kg/ha/év adagnál 1 kg N-re 129 kg fű vagy 48 kg széna, a 200 kg/ha/év N-adagnál 42 kg fű vagy 11 kg

széna, míg a 300 kg/ha/év N-adag esetén 19 kg fű vagy 4 kg széna többletermés jutott.

A gyepszéna elemösszetételének változásáról a 6. táblázat nyújt áttekintést. A N-trágyázással nőtt a N, K, Mg, NO₃-N, Na, Mn és Cu, valamint mérséklődött a S, P, Al, Fe, B és Mo beépülése a szénába. Kiugró változást mutatott a NO₃-N, melynek készlete 7-szeresére emelkedett a N-kontrollhoz viszonyítva. A N-nel nem trágyázott talajon az össz-N mindössze kevesebb mint 8%-át teszi ki a NO₃-N forma, míg a 300 kg/ha/év kezelésben több mint 26%-át, ezzel túllépve a megengedett 0.25%-os határértéket. A N-túlsúly nyomán csökkent tehát a valódi fehérje aránya is, mely szintén minőségromlásra utal.

Látható, hogy amikor N-nel trágyázunk, a széna ásványi összetevőinek szinte minden eleme

módosulást szenved. Az össz-N koncentrációja megkétszereződött, nagyságrenddel nőtt meg a Na mennyisége, 70%-kal emelkedett a Cu, ill. 1/3-ával mérséklődött a Mo-tartalma. Drasztikusan eltolódhatnak az egyes elemek egymáshoz viszonyított arányai és optimumai. A Cu/Mo aránya pl. a N-kontroll talajon 6.6, míg a N-túlsúlyoson 16.7

értéket mutat. A P-trágyázás mérsékelt változásokat indukált az összetételben, javult a P, Ca, Mn, Sr, Ba, valamint mérséklődött a S és Mo felvétele. Kiemelkedik a P/Mo arány drasztikus elmozdulása a foszfát-molibdenát anionantagonizmus nyomán, mely a P-kontroll talajon mért 2000 körüli értékről 9000 fölé ugrik (6. táblázat).

6. táblázat

Mútrágyázás hatása a légszáraz gyepszéna elemösszetételére 2002. május 28-án
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhőrsök, 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	%	1.97	2.01	2.10	2.22	0.23	2.07
N	%	0.80	0.87	1.33	1.59	0.09	1.15
S	%	0.28	0.18	0.21	0.21	0.02	0.22
Mg	%	0.14	0.12	0.15	0.17	0.01	0.14
P	%	0.28	0.17	0.18	0.19	0.02	0.20
NO ₃ -N	%	0.06	0.06	0.20	0.42	0.05	0.18
Na	mg/kg	71	449	715	732	145	492
Al	mg/kg	123	66	59	65	23	78
Fe	mg/kg	143	82	92	97	22	103
Mn	mg/kg	82	88	101	104	8	94
B	mg/kg	6.35	3.92	3.90	3.75	0.37	4.48
Cu	mg/kg	3.16	3.19	4.64	5.34	0.64	4.08
Mo	mg/kg	0.48	0.38	0.37	0.32	0.08	0.39
P hatására (NK átlagai)(7)							
S	%	0.28	0.18	0.21	0.21	0.02	0.22
P	%	0.14	0.20	0.23	0.24	0.02	0.20
Ca	%	0.37	0.40	0.41	0.43	0.04	0.40
Mn	mg/kg	85	94	96	99	8	94
Sr	mg/kg	9	14	31	55	23	27
Ba	mg/kg	3.50	4.58	4.70	4.55	0.53	4.33
Mo	mg/kg	0.67	0.32	0.30	0.26	0.08	0.39
K hatására (NP átlagai)(8)							
K	%	1.52	1.96	2.28	2.55	0.23	2.07
Ca	%	0.43	0.41	0.39	0.38	0.04	0.40
S	%	0.25	0.22	0.29	0.21	0.02	0.22
Mg	%	0.17	0.15	0.13	0.13	0.01	0.14
Na	mg/kg	860	532	317	259	145	492
Ba	mg/kg	3.49	3.91	4.34	5.58	0.53	4.33
Mo	mg/kg	0.63	0.40	0.27	0.25	0.08	0.39

Table 6: Effect of fertilization on the mineral element content of air-dried hay on 28th May 2002 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhőrsök, Mezőföld region)

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

A növekvő K-kínálattal a széna K és Ba koncentrációi emelkednek. Az antagonisták felvétele, mint a Ca, Mg és a Na gátlást szenved, ill.

mérséklődik a S, és kevesebb mint a felére esik vissza a Mo tartalma. Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy mindhárom műtrágya

alkalmazásával, pl. a S, és különösen a Mo felvétele visszaszorult. Az indukált Mo-hiány a takarmány minőségét veszélyeztetheti esetünkben, mely az 1.0 mg/kg körüli trágyázatlan talajon mért értékről 0.1-0.2 mg/kg értékre zuhant a maximális NPK trágyázás nyomán. Ugyanitt a normálisnak tekintett 2-4 ezer körüli P/Mo aránya a 20 ezer fölé emelkedett. Egyéb vizsgált elemek min.-max. értékei az alábbiak

adódtak: K 1.3-3.0, N 0.7-1.7, Ca 0.3-0.5, Mg 0.13-0.21, S 0.15-0.32, P 0.10-0.32%. Ugyanitt a Na 50-1400, Mn 60-120, Al 50-120, Fe 70-140, Sr 8-170, Zn 6-40, Ba 3-6, B 3-6, Cu 2.5-5.5, Ni 0.4-1.4.

A 7. táblázatban bemutatjuk a N×K és N×P kölcsönhatásokat, hogy érzékeltesük a változások jellegét, irányát és mértékét néhány ásványi elem tekintetében.

7. táblázat

N×K (P átlagai) és N×P (K átlagai) kölcsönhatások a gypszeána elemtartalmában 2002. 05. 28-án
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, 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 %						
135	1.91	1.45	1.28	1.44	0.46	1.52
193	1.97	1.97	2.02	1.88		1.96
279	1.98	2.21	2.43	2.48		2.28
390	2.03	2.40	2.68	3.07		2.55
Na mg/kg						
135	104	778	1211	1345	290	860
193	72	526	756	773		532
279	57	257	471	482		317
390	51	235	421	329		259
Mo mg/kg						
135	.70	.68	.55	.59	.16	.63
193	.53	.38	.38	.32		.40
279	.34	.25	.31	.19		.27
390	.36	.22	.25	.16		.25
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 %						
66	.22	.12	.11	.13	.04	.14
153	.27	.16	.18	.20		.20
333	.33	.19	.20	.20		.23
542	.32	.20	.21	.23		.24
Mo mg/kg						
66	.37	.80	.89	.61	.16	.67
153	.49	.29	.26	.26		.32
333	.54	.23	.22	.22		.30
542	.53	.21	.12	.17		.26
P/Mo arány × 10³(6)						
66	5.9	1.5	1.2	2.1	2.4	2.7
153	5.6	5.5	6.9	7.7		6.4
333	6.1	8.3	9.1	9.1		8.2
542	6.0	9.5	17.5	13.5		11.6

Megjegyzés: Mért min.-max. értékek: K 1.3-3.0, N 0.7- 1.7, Ca 0.3-0.5, Mg 0.13-0.21, S 0.15-0.32, P 0.10-0.32%; Na 50-1400, Mn 60-120, Al 50-120, Fe 70-140, Sr 8-170, Zn 6-40, Ba és B 3-6, Cu 2.5-5.5, Ni 0.4-1.4, Mo 0.1-1.0 mg/kg(7)

Table 7: Effect of N×K (means of P treatments) and N×P (means of K treatments) supply levels on the element content of hay on 28th May 2002 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsök, Mezőföld region)

Ammoniumlactate-soluble K₂O in plough-layer(1), N-fertilization, N kg/ha/yr(2), LSD_{5%}(3), Mean(4), Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ in plough-layer(5), P/Mo ratio x 1000(6), Note: Measured minima-maxima contents: K 1.3-3.0, N 0.7- 1.7, Ca 0.3-0.5, Mg 0.13-0.21, S 0.15-0.32, P 0.10-0.32%; Na 50-1400, Mn 60-120, Al 50-120, Fe 70-140, Sr 8-170, Zn 6-40, Ba and B 3-6, Cu 2.5-5.5, Ni 0.4-1.4, Mo 0.1-1.0 mg/kg air-dried hay(7)

Amint megfigyelhető, a K%-át a N-trágyázás K-ban szegényebb talajon mérsékelheti hígulási effektust okozva, míg a K-ban gazdag parcellákon luxusfelvételhez vezethet. A Na esetében a N-kínálattal nagyságrenddel nőhet, ezzel szemben a növekvő K-kínálattal nagyságrenddel eshet a beépülés, így akár 2 nagyságrendbeli módosulás is előállhat a széna Na-tartalmában. A Mo akkumulációját a K és a N kínálata egyaránt mérsékelte, így koncentrációja alig ¼-ére zuhant a kontrollhoz viszonyítva.

Az N×P kölcsönhatásokat vizsgálva látható, hogy a P-kínálattal mintegy 50%-kal nőtt a széna P-tartalma, és hasonló mértékben süllyedt a N-trágyázás nyomán. Mindez akár 3-szoros koncentráció-különbséget eredményezhet.

Szembevetendő, hogy a P-szegény talajon a széna nem szegényedett el Mo-ban a N-trágyázás hatására. Ellenkezőleg, igazolhatóan dúsult. Sőt, a növekvő P-ellátottsággal sem csökkent a Mo koncentrációja, amennyiben a N hiánya limitálta a termésképzést. A P-Mo antagonizmus tehát csak a N-nel kezelt parcellákon figyelhető meg. A P/Mo aránya az NP-kontroll talajon 6 ezer körüli, a P-szegény de N-nel kezelt 1-2 ezer közötti, míg a bőséges és együttes NP kínálatnál 10-15 ezer közötti (7. táblázat).

Amennyiben a 2. kaszálást adó sarjuszéna elemtartalmát vizsgáljuk, szembevetendő, hogy az 1. kaszálású anyaszénához viszonyítva elemkészlete nagyobb, összetételében gazdagabb. A legtöbb elemnél a dúsulás 30-50%-ra becsülhető. Az átlagos N-tartalom viszont ezt meghaladóan kétszeres, míg az Al, Fe és Mo több mint kétszeres koncentrációval jellemezhető. A száraz időszakban létrejött kis termés elemigényét a talaj jobban/bőségesebben fedezni tudta, ill. a töményedési effektus működött a felvételben. Ez alól egyetlen kivétel akad: a NO₃-N átlagos mennyisége 1/3-ával kisebb a sarjában. A 300 kg/ha/év kezelés azonban itt is a megengedettnél nagyobb, 0.30% NO₃-N tartalmat eredményezett (8. táblázat).

Ami a trágyahatásokat illeti, lényegében az 1. kaszálásnál megfigyeltek a mérvadók. A N-kínálattal nő a N, K, NO₃-N, Na, Ba és Cu beépülése, míg a S, P, Al, Fe és B koncentrációja mérséklődik. A Mo viszont igazolható változást nem jelez.

A P-trágyázott talajon emelkedett a P, S, Mn, Sr és Ba koncentrációja a szénában, valamint 1/3-ával csökkent a Mo készlete. A hatásokat az anyaszénában tapasztaltakkal összevetve annyi a változás, hogy a S akkumulációját a P-kínálat nem csökkentette, hanem növelte, ezzel a kívánatos 1.0 körüli P/S arányt beállítva (8. táblázat).

A talaj K-kínálatával a termés tömege érdemben nem változott, de a széna összetételében egy sor elem koncentrációja módosult. A K%-a csaknem kétszeresére nőtt a K-kontrollhoz viszonyítva. Ezzel együtt az antagonista kationok, mint a Ca, Mg, Na, Sr és a B felvétele gátlást szenvedett. Igazolhatóan javult viszont a Ba, Cu és Mo felvétele. A sarjuszéna nem jelezte azt az extrém elszegényedést Mo-ban, amit az anyaszénában láttunk. A N-kínálat nem befolyásolta, a K-trágyázás pedig jelentősen növelte a beépülését, ellensúlyozva a foszfát-molibdenát antagonizmust. Megemlítjük, hogy a kezelésektől függetlenül a Ni 1.0 mg/kg körül, míg az As, Hg, Cd, Co, Pb és Se 0.1 mg/kg méréshatár körül vagy alatt maradt (8. táblázat).

Az N×K kölcsönhatásokat elemezve itt is megfigyelhető az anyaszénához hasonlóan, hogy a N-trágyázás hígulást eredményez a K-tartalomban K-szegény talajon, míg luxusfelvételt indukál a K-ban gazdagon, elérve a 4% K-tartalmat. A Na-koncentrációban 25-szörös változást okoz az ellentétes irányú, de hasonló erejű befolyás, amelyet az antagonista K és a szinergista N túlsúlya vált ki. A Mo-tartalom módosulásában meghatározó a K-kínálat felvételt serkentő hatása (9. táblázat).

Az NxP kétirányú táblázat adatai szerint a N-trágyázás által okozott hígulást a talaj növekvő P-kínálata lényegében ellensúlyozhatja a széna P-készletét tekintve. A N-kínálattal határozottan nőtt a Mo mennyisége a szénában P-szegény talajon és a P-túlsúly nyomán előálló gátlás is csak kevésbé volt kifejezett, eltérően az 1. kaszálásnál megfigyeltektől. A N-kontroll kezelésben a P-Mo antagonizmus nem is lépett fel. A P/Mo aránya is kevésbé módosult: a N-nel trágyázott P-szegény talajon 1.2-1.6 ezerre szűkült, míg a N-nel és P-ral jól ellátott kezelésekben a kontrollhoz közelálló 4 ezer körüli optimális tartományban maradt (9. táblázat).

Műtrágyázás hatása a légszáraz gyepszéna elemtartalmára 2002. 09. 03-án
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörösök, 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	%	2.69	2.86	2.97	3.03	0.26	2.89
N	%	1.87	1.90	2.54	2.92	0.12	2.31
S	%	0.43	0.40	0.32	0.31	0.03	0.36
P	%	0.42	0.38	0.29	0.28	0.02	0.34
NO ₃ -N	%	0.04	0.04	0.12	0.30	0.03	0.12
Na	mg/kg	169	464	1252	1235	332	780
Al	mg/kg	285	198	152	114	65	187
Fe	mg/kg	333	232	228	180	69	243
Ba	mg/kg	5.4	5.4	6.9	6.7	0.5	6.1
B	mg/kg	6.7	6.4	5.8	5.4	0.6	6.1
Cu	mg/kg	6.6	6.5	7.9	9.5	1.1	7.6
P hatására (NK átlagai)(7)							
S	%	0.31	0.37	0.38	0.39	0.03	0.36
P	%	0.25	0.35	0.38	0.40	0.02	0.34
Mn	mg/kg	154	174	165	173	11	167
Sr	mg/kg	17	20	24	30	2	23
Zn	mg/kg	15	11	11	11	2	12
Ba	mg/kg	5.4	6.0	6.3	6.8	0.5	6.1
Mo	mg/kg	1.5	0.8	1.0	1.0	0.2	1.1
K hatására (NP átlagai)(8)							
K	%	1.87	2.82	3.30	3.56	0.26	2.89
Ca	%	0.74	0.69	0.65	0.61	0.06	0.67
Mg	%	0.36	0.34	0.30	0.29	0.03	0.32
Na	mg/kg	1656	796	370	299	332	780
Sr	mg/kg	25	24	22	21	2	23
Ba	mg/kg	5.5	5.8	6.1	7.1	0.5	6.1
B	mg/kg	6.5	6.2	5.8	5.9	0.6	6.1
Cu	mg/kg	6.2	7.5	8.1	8.7	1.1	7.6
Mo	mg/kg	0.7	1.1	1.2	1.2	0.2	1.1

Megjegyzés: A Ni átlagosan 1.0; az As, Hg, Cd, Co, Cr, Pb, Se 0.1 mg/kg méréshatár körül vagy alatt(9)

Table 8: Effect of fertilization on the mineral element content of hay on 9th September 2002 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörösök, Mezőföld region)

Measured element(1), Measuring unit(2), NPK-supply levels(3), LSD_{5%}(4), Mean(5), Effect of N-supply (means of PK treatments)(6), Effect of P-supply (means of NK treatments)(7), Effect of K-supply (means of NP treatments)(8), Note: Ni content about 1.0 mg/kg, while As, Hg, Cd, Co, Cr, Pb, and Se around detection limit 0.1 mg/kg(9)

Az N×K (P átlagai) és N×P (K átlagai) kölcsönhatások a gypszéna elemtartalmában 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 %						
135	2.20	1.97	1.64	1.67	0.52	1.87
193	2.81	2.90	2.73	2.83		2.82
279	2.76	3.21	3.60	3.64		3.30
390	2.99	3.35	3.92	3.99		3.56
Na mg/kg						
135	252	1120	2746	2504	664	1656
193	148	400	1168	1468		796
279	166	195	550	568		370
390	109	142	544	403		299
Mo mg/kg						
135	0.62	0.96	0.48	0.74	0.28	0.70
193	1.06	1.34	0.97	0.96		1.08
279	1.09	1.49	1.24	0.99		1.20
390	1.22	1.42	1.27	1.01		1.23
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 %						
66	.34	.23	.22	.22	0.4	.25
153	.45	.35	.30	.28		.35
333	.44	.45	.33	.29		.38
542	.42	.51	.32	.32		.40
Mo mg/kg						
66	0.82	1.97	1.72	1.40	.28	1.48
153	0.92	0.96	0.61	0.66		0.79
333	1.18	1.04	0.85	0.79		0.96
542	1.07	1.24	0.78	0.85		0.98
P/Mo arány × 10³(6)						
66	4.2	1.2	1.3	1.6	1.5	2.0
153	4.9	3.6	4.9	4.2		4.4
333	3.7	4.3	3.9	3.7		3.9
542	3.9	4.1	4.1	3.8		4.0

Table 9: Effect of N×K (means of P treatments) and N×P (means of K treatments) supply levels on the element content of hay on 9th September 2002 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld region)
Ammoniumlactate-soluble K₂O in plough-layer(1), N-fertilization, N kg/ha/yr(2), LSD_{5%}(3), Mean(4), Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ in plough-layer(5), P/Mo ratio×1000(6)

IRODALOM

- Antal J.-Egerszegi S.-Penyigei D. (1966): Növénytermesztés homokon. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Balázs F. (1961): Mútrágya hatása a vöröscsenkeszes gyp összetételére. Növénytermelés. 10:315-335.
- Cserhádi S.-Kosutány T. (1887): A trágyázás alapelvei. Orsz. Gazd. Egyesület Könyvkiadó Vállalata. Budapest.
- Ditz H. (1867): A magyar mezőgazdaság (Szerk.: Kádár I. 1993). MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Dresdner I. (1927): Az újkori zöldmezőgazdálkodás. Kertész Könyvnyomda. 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. Lantbr. Högsk. Ann. 26:199-215.
- Gruber F. (1960): Rét és legelő. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Gruber F. (1962): A korszerű legelő- és rétgazdálkodás gyakorlata. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

- Kádár I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest. 1-398.
- Kádár I. (2005a): Műtrágyázás hatása a telepített gyep termésére és N-felvételére. 1. Gyepgazdálkodási Közlemények 2:36-45.
- Kádár I. (2005b): Műtrágyázás hatása a telepített gyep ásványi elemtartalmára. 3. Gyepgazdálkodási Közlemények 2:57-66.
- Kádár I.-Németh T. (1993): Nitrát bemosódásának vizsgálata műtrágyázási kísérletben. Növénytermelés. 42:331-338.
- Korizmic L.-Benkő D.-Morocz I. (1855): Mezei gazdaság könyve III. kötet. Stephens Henry „The book of the farm” c. munkája nyomán hazai körülményekhez alkalmazva. Pesten nyomtatott Herz Jánosnál.
- Kreybig L. (1951): Gyakorlati trágyázástan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Lakanen, E.-Erviö, R. (1971): A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. Acta Agr. Fenn. 123:223-232.
- Németh T.-Kádár I. (1999): Nitrát bemosódásának vizsgálata és a N-mérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés. 48:377-386.
- Schlechner, G. (1972): Das 1x1 der Grünlandwirtschaft. Beratungsschrift N. 31. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Wien. Austria.
- Thamm F-né (1990): Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata. Agrokémia és Talajtan. 39:191-206.
- Viljamsz, V.R. (1950): Talajtan. A földműveléstan alapjai. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Vinczeffly I. (1998): Lehetőségeink a legeltetési állattartásban. Tanulmány. DGYN 16. DATE. Debrecen.
- Whitehead, D.C. (1970): The role of nitrogen in grassland productivity. Bulletin N.48. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Hurley, Berkshire.
- Mezőgazdasági Lexikon (1958): Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Révai Nagy Lexikon (1924): Révai testvérek Irodalmi Intézet és Rt. Budapest.