

## Műtrágyahatások vizsgálata 7. éves telepített gyepen

KÁDÁR IMRE-RAGÁLYI PÉTER

MTA Talajtani és Agrokémiiai Kutatóintézet, Budapest

### Összefoglalás

Egy műtrágyázási tartamkísérlet 34. évében, 2007-ben vizsgáltuk az eltérő N, P, K ellátottsági szintek és kombinációik hatását a réti csenkesz (*Festuca pratensis*) vezérnövényű, nyolckomponensű, pillangós nélküli gyepeverék termésére, fejlődésére és N-felvételére. Termőhely talaja a szántott rétegben mintegy 3% humuszt, 3–5% CaCO<sub>3</sub>-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 gyepe telepítése spenót elővetemény után 2000. szeptember 20-án történt gabona sortávra 60 kg/ha vetőmaggal. Főbb eredményeink:

A száraz 2007. évben csak egy kaszálásra került sor. A 37 éve N-trágyázásban nem részesült talajon 0,5 t/ha, a 300 kg/ha/év N-adaggal trágyázott és P-ral is jól ellátott talajon 4,0 t/ha szénatermés képződött. Önmagában a P-trágyázás hatástalan maradt, de a N-trágyázás hatékonysága is mérsékelt maradt a P-hiányos parcellákon. A K-ellátás növelése érdemi terméstartással nem járt ezen a K-mal közepesen ellátott termőhelyen.

A N-kínálattal a legtöbb vizsgált elem (fémek, kationok) tartalma nőtt a szénában. A nagyobb terméssel előálló hígulás enyhén csökkentette a K, P és a S tartalmát. Érvényesült a nitrát-molibdenát antagonizmus, a N-bőség nyomán a Mo beépülése gátolt volt. A P-kínálat emelkedésével nőtt a P és S, illetve csökkent a Zn és Mo a szénában az ismert P-Zn, illetve foszfát-molibdenát antagonizmus miatt. A K-trágyázás a K-tartalmat emelte és igazolhatóan mérsékelt a Ca, Mg, Na, Sr, Cu kationok és a B beépülését.

Az N és P elemek közötti kölcsönhatások eredményeképpen a P 0,14–0,40%, S 0,13–0,23%, a NO<sub>3</sub>-N 0,2–3,2 g/kg, Zn 12–23 mg/kg, Sr 10–24 mg/kg, Mo 0,5–2,3 mg/kg szélső értékek között változott. Az N és K ellátottsági szinteken/kombinációkban a K 1,1–2,2%, Ca 0,4–0,8%, Na 0,1–1,5 g/kg, B 4–6 mg/kg tartományban volt.

A tápelemarányok is jól jellemezték a széna tápláltsági állapotát. A nagy termés a 2% feletti N és 0,2% feletti P, tehát a 8–10 körüli N/P arányhoz volt köthető. Itt az irodalmi utalásokkal összhangban termékeny talajon a P/Zn aránya 100–150, a P/NO<sub>3</sub>-N aránya 200 körüli volt, míg a Cu/Mo aránya elérte a 10 körüli értéket. Az extrém N-hiányt jelezte a 3 körüli N/P aránya, a kifejezett Zn-hiányt a 300 feletti P/Zn aránya, valamint az erősödő Cu-hiányt a 2 körülire szűkült Cu/Mo aránya. Növényelemzéssel az indukált elemaránytalanságok feltárhatók, a tápláltsági állapot diagnosztizálható.

Az N és P ellátottság hatásaként a mért hektáronkénti elemfelvételek az alábbiak szerint alakultak: 5–96 kg N, 2–26 kg Ca, 2–11 kg P, 1–7 kg Mg, 0,1–8,0 kg NO<sub>3</sub>-N. Ami a mikroelemeket illeti: 34–405 g Fe, 25–354 g Mn, 18–210 g Al, 5–95 g Sr, 7–89 g Zn, 2–20 g B, 1–15 g Ba és Cu, 0,7–4,0 g Mo, 0,1–1,4 g Ni, 0,01–0,11 g Cd hektáronként. Az As, Hg, Cr, Se, Co g/ha kimutatási határ alatt maradt. A K 8–84 kg/ha, a Na 0,1–4,9 kg/ha, Mo 0,6–3,6 g/ha szélső értékeket mutatta az N és K szintek függvényében.

A vizsgált pillangós nélküli gypszéna fajlagos elemigénye 1 t széna előállításához kísérleti körülményeink között, eltekintve a szélső értékektől az alábbiak adódott: 10–23 kg N, 12–20 kg K (14–24 K<sub>2</sub>O), 4–6 kg Ca (5–8 kg CaO), 2–3 kg P (4–7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) és 2 kg körüli Mg (3–4 kg MgO). Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a tervezett termés elemigényének számításakor a szaktanácsadásban.

**Kulcsszavak:** telepített gyp, NPK műtrágyázás, szénatermés, elemtartalom

## Examination of fertilisation effects on a 7-year-old established grassland

I. KÁDÁR-P. RAGÁLYI

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

### Summary

The effect of different levels of NPK supply and their combinations on the yield, development and N uptake of the eight-component grass mixture without papilionaceae in which meadow fescue (*Festuca pratensis*) was the dominant species was examined in 2007, the 34<sup>th</sup> year of a long-term fertilisation experiment. The ploughed layer of the production

area contained 3% humus, 3–5% CaCO<sub>3</sub> and 20–22% clay. The soil was moderately supplied with N and K and weakly supplied with P and Zn. The experiment consisted of 4N×4P×4K=64 treatments×2 replications=128 plots. The soil water level is 13–15 m, the area is drought sensitive. The previous crop of grass was spinach and the grassland was established on 20<sup>th</sup> September 2000, using the row spacing of cereals at 60 kg sowing seed per hectare. The main results are as follows:

There was only one reaping in the dry year of 2007. There was 0.5 t ha<sup>-1</sup> hay yield on the soil which has not been fertilised for 37 years, while 4.0 t ha<sup>-1</sup> was obtained on the field which was fertilised with 300 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> N and a satisfactory amount of P. Phosphorus fertilisation was ineffective, but the efficacy of N fertilisation was also moderate on P deficient plots. The increase of K supply did not result in significant yield increase on this plot which was moderately supplied with K.

The quantities of most examined elements (metals, cations) increased with K supply in hay. The dilution resulting from higher yield slightly decreased the K, P and S content. Nitrate-molybdenate antagonism was observed, while the incorporation of Mo was blocked as a result of N abundance. The quantity of P and S increased and the amount of Zn and Mo decreased in hay as the P supply increased due to the known P-Zn and phosphate - molybdenate antagonism. The K fertilisation increased the K content and significantly reduced the incorporation of Ca, Mg, Na, Sr, Cu cations and B.

As a result of the interactions between N and P, the amounts of the examined elements ranged between the following extreme values: P 0.14–0.40%, S 0.13–0.23%, NO<sub>3</sub>-N 0.2–3.2 g kg<sup>-1</sup>, Zn 12–23 mg kg<sup>-1</sup>, Sr 10–24 mg kg<sup>-1</sup>, Mo 0.5–2.3 mg kg<sup>-1</sup>. On the supply levels/combinations of N and K, the following ranges were observed K 1.1–2.2%, Ca 0.4–0.8%, Na 0.1–1.5 g kg<sup>-1</sup> and B 4–6 mg kg<sup>-1</sup>.

The observed nutrient proportions also characterised the nourishment status of hay. In the case of high yields, the amount of N was above 2%, while that of P was above 0.2%; therefore, the proportion of N/P was around 8–10. In accordance with the references, the P/Zn ratio was 100–150 on fertile soil, the ratio of P/NO<sub>3</sub>-N was around 200, while the proportion of Cu/Mo was found to be around 10. The extreme N shortage was shown by the fact that the ratio of N/P was around 3, the significant Zn shortage was shown by the P/Zn ratio which was above 300, while Cu shortage was getting more and more severe, which was shown by the fact that the Cu/Mo ratio decreased to around 2. The induced element disproportions could be observed by crop analysis, and the nourishment status can be diagnosed.

As a result of the N and P supply, the following amounts of elements were taken up per hectare: 5–96 kg N, 2–26 kg Ca, 2–11 kg P, 1–7 kg Mg, 0.1–8.0 kg NO<sub>3</sub>-N. As regards

microelements, the following values were measured: 34–405 g Fe, 25–354 g Mn, 18–210 g Al, 5–95 g Sr, 7–89 g Zn, 2–20 g B, 1–15 g Ba and Cu, 0.7–4.0 g Mo, 0.1–1.4 g Ni, 0.01–0.11 g Cd per hectare. The g ha<sup>-1</sup> levels of As, Hg, Cr, Se, Co were below the detection level. Levels of K (8–84 kg ha<sup>-1</sup>), Na (0.1–4.9 kg ha<sup>-1</sup>) and Mo (0.6–3.6 g ha<sup>-1</sup>) showed extreme values concerning N and K levels.

The specific element need of the examined grass hay without papilionaceae for the production of 1 t hay under the given experimental conditions, excluding extreme values was shown to be the following: 10–23 kg N, 12–20 kg K (14–24 K<sub>2</sub>O), 4–6 kg Ca (5–8 kg CaO), 2–3 kg P (4–7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and around 2 kg Mg (3–4 kg MgO). These data could be informative in the technical advice system during the calculation of the element need of the planned yield.

**Key words:** established grassland, NPK fertilisation, hay yield, mineral elements

## Исследование влияния искусственного удобрения на семялетнем, посеянном дёрне

И. КАДАР–П. РАГАИ

Исследовательский Институт Почвоведения и Агрохимии Венгерской Академии Наук,  
Будапешт

### Резюме

На 34-ом году продолжительного опыта искусственных удобрений, в 2007 году исследовали влияние различных уровней обеспечения N, P, K и их комбинаций на урожай, развитие и принятие N восьмикомпонентных, безбобовых дерновых смесей, с главным растением луговой овсяницей (*Festuca pratensis*). Почва места выращивания во вспаханном слое содержала всего 3% гумуса, 3–5% CaCO<sub>3</sub> и 20–22% глины, средне снабженна элементами N и K, а элементами P и Zn слабо обеспеченна. Опыт представлял собой 4N×4P×4K=64 обработки×2 повторения=128 парцеллы. Грунтовые воды расположены на глубине 13–15 м, территория чувствительна к засухе. Посев дёрна проведен после шпината предшественника 20-го сентября 2000 года посевным материалом 60 кг/га при зерновых междурядьях. Главные результаты:

В сухой 2007 год был только один покос. На почве, где 37 лет не применяли удобрения N образовался урожай сена 0,5 t/ha, а на удобренной дозами N 300 kg/ha/год и хорошо обеспеченной P почве получили урожай сена 4,0 t/ha. Применение одного только удобрения P было неэффективным, но и эффективность удобрения N также была умеренной на парцеллах с недостатком P. Рост обеспеченности K не принес существенной прибавки урожая на этом средне обеспеченном K месте выращивания.

С предложением N содержание большинства исследованных элементов (металлы, катионы) в сене выросло. Образовавшееся с большим урожаем разжижение немного сократило содержание K, P и S. Проявился антагонизм нитрат-молибден, в результате избытка N приём Mo был ограниченным. С ростом доз P увеличилось содержание P и S, а также уменьшилось содержание Zn и Mo в сене из-за известного антагонизма P-Zn, и из-за антагонизма фосфат-молибден. Внесение удобрения K увеличило содержание K и доказуемо уменьшило приём катионов Ca, Mg, Na, Sr, Cu и B.

В результате взаимовлияний элементов N и P изменилось содержание P в пределах 0,14–0,40%, S в пределах 0,13–0,23%,  $\text{NO}_3\text{-N}$  в пределах 0,2–3,2 g/kg, Zn в пределах 12–23 mg/kg, Sr в пределах 10–24 mg/kg, Mo в пределах 0,5–2,3 mg/kg. На уровнях обеспечения/в комбинациях N и K наблюдалось K в пределах 1,1–2,2%, Ca в пределах 0,4–0,8%, Na в пределах 0,1–1,5 g/kg, B в пределах 4–6 mg/kg.

Соотношения питательных элементов также хорошо характеризовали состояние упитанности сена. В большом урожае можно обнаружить выше 2% N и выше 0,2% P, т.е. приблизительно 8–10 кратное соотношение N/P. Здесь в соответствии с литературными упоминаниями на продородной почве соотношение P/Zn достигло уровня 100–150, соотношение P/ $\text{NO}_3\text{-N}$  было около 200, а соотношение Cu/Mo достигло показатель около 10. Экстремальный дефицит N означала величина 3 в отношении N/P, выраженный дефицит Zn означало соотношение выше 300 P/Zn, и растущий дефицит Cu показывало сокращённое примерно до 2 соотношение Cu/Mo. Анализом растений можно обнаружить индуцированные непропорциональности элементов, можно диагностировать состояние их упитанности.

Под влиянием обеспеченности N и P измеренные погектарно приёмы элементов сформировались следующим образом: 5–96 kg N, 2–26 kg Ca, 2–11 kg P, 1–7 kg Mg, 0,1–8,0 kg  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Микроэлементы следующим образом: 34–405 g Fe, 25–354 g Mn, 18–210 g Al, 5–95 g Sr, 7–89 g Zn, 2–20 g B, 1–15 g Ba и Cu, 0,7–4,0 g Mo, 0,1–1,4 g Ni, 0,01–0,11 g Cd погектарно. As, Hg, Cr, Se, Co g/ha остались ниже уровня выявления. В зависимости от уровня N и K показали крайние величины K 8–84 kg/ha, Na 0,1–4,9 kg/ha, Mo 0,6–3,6 g/ha.

Удельная потребность в элементах исследованного дернового безбобового сена для производства 1 t сена в опытных условиях, не учитывая крайние показатели получилась следующая: 10–23 kg N, 12–20 kg K (14–24 K<sub>2</sub>O), 4–6 kg Ca (5–8 kg CaO), 2–3 kg P (4–7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и около 2 kg Mg (3–4 kg MgO). Наши данные могут использоваться как указатели в рекомендациях при вычислении потребности в элементах планируемого урожая.

**Ключевые слова:** посеянный дерн, внесение искусственных удобрений NPK, урожай сена, содержание элементов

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A gyeptertermőképességét döntően meghatározza a víz- és tápanyagellátás. Németországi tapasztalatok szerint, ha a talajvíz nem hozzáférhető, jó vízgazdálkodású termőhelyen mintegy 700 mm, homokon legalább 1000 mm csapadékot igényelhet a nagy termés. A sekélyen gyökerező gyepter számára hozzáférhető a talajvíz, kötöttebb talajon 60–90 cm, könnyű talajon 40 cm mélységben (Geisler 1988). Hazai viszonyok között 1 kg szárazanyag előállításához Gyarmathy (1980) szerint átlagosan 600 liter vizet párologtat el a gyepter, de vízszükséglete extrém esetben 400–1200 l/kg szárazanyag között ingadozhat. Gruber (1960) vizsgálataiban azt találta, hogy 1 kg szárazanyaghoz a gyepter 520–790 kg vizet használt fel. Szabó (1977) szerint a trágyázással, főként a N adagolásakor, nőhet a termés tömege és látványosan javulhat a vízhasznosulás.

Klímatényezők közül a fényt is teljes mértékben képes hasznosítani, hiszen egész évben szinte teljes borítottságot biztosít. A növekedés már kora tavasszal 5 °C felett megindulhat, maximumát 15–25 °C-on áprilisban, májusban éri el. Ezt követően a nyári hónapokban a gyepter „pihen”, őszi időszakban is csak mérsékelt fejlődést mutat. A kaszálások gyengítik az állományt, gyengül a gyökérnövekedés, a tápanyagok felhalmozása a gyökérben, illetve a regenerációs képesség. A gyakori vágásnál kiszorulnak, gyérülhetnek a nagytestű szálfüvek (Bíró 1928, Klapp 1951, Gruber 1960, Baskay 1962, Szabó 1977, Vinczeffy 1998).

A N főként a szálfüveket növeli, illetve a pillangósokat leárnyékolja és elnyomja. Ezzel részben csökkenti a gyepter Ca és Mg készletét. Más oldalról viszont a N, alapvetően a NO<sub>3</sub>-forma növelheti a kationok beépülését a növénybe, amennyiben a talaj kellően ellátott ezen elemekben. Ellenkező esetben hígulási

effektus érvényesülhet: termés nő, az egyéb kationok, elemek koncentrációja csökken (*Raymond és Spedding* 1965). A N-hatás természetszerűen a here nélküli gyepen kiemelkedő. Általában késlelteti az érést, öregedés ellen hat, növeli a víztartalmat, nyersfehérje és az emészthetőség %-át, ezzel arányosan csökkenti a nyersrost tartalmát (*Klapp* 1971, *Szabó* 1977, *Barcsák* 1999). *McLean et al.* (1956) rámutatott arra is, hogy a gyökerek kationcserélő kapacitása, felvevőképessége nő a N-tartalmukkal.

Esetenként a P minimumtényező, főként a pillangósok számára. *Gericke* (1957, 1965) 1270 mintát elemezve arra a következtetésre jutott, hogy a széna 0,65%  $P_2O_5$  (0,28 P%) készlete kielégítő P-ellátottságot tükrözhet. Mivel a P nemkívánatos luxusfelvételt gyakorlatilag nem mutat, célszerű *Wagner* (1909, 1921) klasszikus tanácsát követni. A talajokat P-ral fel kell tölteni, majd ezt követően vágásonként a terméssel felvett P-t pótolni, a talaj termékenységét fenntartva. Így kedvezően érvényesülhet a N-műtrágya és elkerülhető a növényben a káros  $NO_3-N$  akkumulációja. Itthon *Harmati* (1981, 1997) kapott kiugrónak minősülő P és NP hatásokat szikes réti talajon, illetve legutóbb *Bánszki* (1988, 1997) hívta fel a figyelmet tápelemarányok kérdésére.

A talaj K kínálata összefügg kötöttségével, kolloidkészletével. Kötött termőhelyen hosszú évekig nagy terméseket kaphatunk K-trágyázás nélkül. Hiánya esetén a P-hoz hasonlóan célszerű talajgazdagító/feltöltő K-trágyázást folytatni, majd vágásonként pótlással a talaj K-készletét fenntartani. *Wagner* (1921) szerint K-mal a gyp „jóllakott”, ha a füvek legalább 2%  $K_2O$  tartalommal rendelkeznek. *Romasev* (1960) is utal arra a körülményre, hogy a telepítés évében a gyökerek fejlődése meghatározó lehet. A tartalék tápanyagok itt halmozódnak fel, így pl. esetenként a N 60–80%-át a gyökerekben találjuk, és csak 20–40%-át a hajtásban. Döntő ezért az alapozó trágyázás a gyp további termelékenységé szempontjából.

Az elmúlt évtizedekben igyekeztünk minden fontosabb szántóföldi növényfaj agrokémiájával foglalkozni és feltárni a tápláltsági állapot, valamint a termés, terméselemek, ásványi összetétel, gyomosodás, betegség-ellenállóság, minőségi jellemzők közötti számszerű összefüggéseket, megismerni a növényi és talajbani optimumokat, orientálni a szaktanácsadást. 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, illetve megjelennek a Növénytermelés, illetve az Agrokémia és Talajtan c. folyóiratok hasábjain.

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

Vizsgáltuk a gyepszéna makro- és mikroelemeinek felvételét a tápláltsági szituáció függvényében és meghatároztuk az 1 t széna képződéséhez szükséges átlagos fajlagos elemigényt, mely a tudományosan megalapozott trágyázási szaktanácsadás alapjául szolgálhat. Hasonló átfogó, 20–25 elemre kiterjedő elemforgalmi vizsgálatok a hazai szakirodalomban hiányoztak. A takarmányozástannal foglalkozó tudomány fejlődését is érintve, értékeltük a műtrágyázás hatását a gyepek aminosav tartalmára és hozamára. Bemutattuk, hogy a kiegyensúlyozatlan ásványi táplálás, illetve műtrágyahasználat milyen mérvű egyensúlytalanságot hozhat létre az egyes aminosav-párok között a fellépő antagonizmusok nyomán (Kádár és Győri 2005).

A kísérlet 2. évének nagytömegű adatát külön értékeltük a termés és elemösszetétel, az ásványi elemforgalom, valamint a minőség és tápanyaghozam tekintetében. A kísérlet 3. évében 2003-ban az aszályos nyár miatt csak egyetlen kaszálásra került sor. Utóbbi közleményünk a hiányos, optimális és túlsúlyos vagy egyoldalú ásványi táplálás hatásait mutatta be a gyepszéna termésére, minőségi jellemzőire, elemösszetételére és elemforgalmára. A 4. és 5. éves műtrágyahatások eredményeit is közöltük, áttekintve a termés és az ásványi összetétel valamint az elemforgalom (Kádár 2008, 2010) alakulását. Jelen munkánk a 7. éves műtrágyahatások eredményeit foglalja össze, áttekintve a termés és az ásványi összetétel alakulását.

Különös figyelmet fordítunk a tápelemarányok változására. Így pl. a P/Zn arány optimuma 50–150 közötti. Irodalmi utalások és saját vizsgálataink szerint is a 250–300 feletti P/Zn arány esetén a Zn-trágyázás hatékony lehet (Bergmann 1992, Kádár 1992, Csathó 1992, 2004).

Rámutatunk arra, hogy a tartós műtrágyázás milyen drasztikus beavatkozást jelenthet a talajba és a rajta termő növénybe az antagonizmusok és szinerizmusok nyomán. Egy elem túlsúlya egyidejűleg hiányt jelent más elem tekintetében. Az optimális összetétel biztosíthatja a megfelelő minőséget, mely fenntartja a normális anyagcserét növényben, állatban, emberben. Az ellenőrizhetetlen, szakszerűtlen műtrágyahasználat súlyos következményekkel járhat, melyre francia-honi példákon korábban már *Voisin* (1961, 1964, 1965) és *Tölgyesi* (1965) rámutatott.

Itthon legutóbb *Mucsi* (1996) hívta fel a figyelmet arra, hogy a legelő állatok „*veleszületett*” anyagcsere betegségei gyakran talajeredetűek. A szerző szerint Európában napjainkra megsokszorozódtak az ilyen jellegű problémák. *Nagy* (2008) a környezeti tényezők szerepét hangsúlyozta a gyepek fejlődésében, különös tekintettel a csapadéokra. A tartós N-műtrágyázás pl. Cu-hiányt indukálhat rézzel gyengén ellátott termőhelyen, melynek következménye lehet az anémia, hasmenés, meddőség, stb. A fűben kívánatos közismerten a 8–12 mg/kg sz. a. Cu-tartalom. Ezen túlmenően kulcsfontosságú a Cu/Mo optimális 5–10 feletti aránya. A Mo túlsúlya Cu-hiányt okozhat, ekkor pl. az E-vitamin szintézise is gátolt. Tehát: „*Az állat (ember) biológiai fényképe annak a környezetnek ahol él. Különösen annak a talajnak, amely megtermi a takarmányt (táplálékot) az organizmus számára.*”

A kísérlet 33 éve alatt 0, 3200, 6400, 9600 kg/ha N-t használtunk fel. A növények által fel nem vett N 40–60%-át NO<sub>3</sub>-N formában tudtuk korábban kimutatni a műtrágyázott talajon. Az időnként végzett mélyfúrásaink szerint a NO<sub>3</sub>-N 20–30 cm/év sebességgel szivároghat lefelé, a kísérlet 17. illetve 22. éve után a bemosódás mélysége elérte e termőhelyen a 6 m mélységet (*Németh és Kádár* 1999). Megemlítjük, hogy 2001-ben az 1 éves gyepek alatt a feltalaj NO<sub>3</sub>-N készlete drasztikusan lecsökkent, még a 300 kg/ha/év N kezelésekben 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 et al.* 2010).

### Anyag és módszer

A kísérletet 1973 őszén állítottuk be Mezőföldön, az MTA TAKI nagyhorcsöki kísérleti telepén. A termőhely löszön képződött karbonátos csernozjom talaja a szántott rétegben mintegy 3–5% CaCO<sub>3</sub>-ot és 3% humuszt tartalmaz. A

pH(KCl) 7,3, az AL- $P_2O_5$  60–80 mg/kg, AL- $K_2O$  140–160 mg/kg, KCl-oldható Mg 150–180 mg/kg. Ami a KCl+EDTA-oldható mikroelemeket illeti a Mn 80–150 mg/kg, a Cu 2–3 mg/kg, a Zn 1–2 mg/kg értékkel jellemezhető. A hazai szaktanácsadásunkban irányadó határértékek alapján ezek az adatok igen jó Mn, kielégítő Mg és Cu, közepes N és K, valamint gyenge P és Zn ellátottságról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen található, a kísérleti terület az Alföldhöz hasonlóan aszályérzékeny.

A N-t megosztva, felét ősszel, felét tavasszal alkalmaztuk pétisó formájában 0, 100, 200, 300 kg/ha/év N-adagban. A P és K trágyázás 0, 500, 1000, 1500 kg/ha  $P_2O_5$ , illetve  $K_2O$  adaggal 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  $4N \times 4P = 16 \times 4K = 64$  kezelés  $\times 2$  ismétlés = 128 parcellában. A parcellák mérete  $6 \times 6 = 36$  m<sup>2</sup>, elrendezésük kevert faktoriális. A kísérleti terv, illetve 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 3 évtized alatt 0, 1500, 3000, 4500 kg/ha  $P_2O_5$ , illetve 2500, 5000, 7500 kg/ha  $K_2O$  felhasználásra került sor, mely tükröződik a feltalaj ammóniumlak-tát oldható PK-készletén. Egyaránt megtalálható a gyenge, közepes, igen jó és a káros P-ellátottság. Hasonló a helyzet a talaj mobilis K-készletét illetően. Talajvizsgálatokat 2005 őszén végeztünk. A kísérletben alkalmazott kezeléseket és a talaj szántott rétegének oldható elemtartalmát az 1. táblázat tekinti át.

A gyepterelítést a kísérlet 28. évében a spenót betakarítása után (2. táblázat) 2000. szeptember 20-án végeztük el 8 komponensből álló gyepterelítő keverékével. Vetőmag a Szarvasi Gyepnemesítő Telep (Bikazug) 1999. évi terméséből származott. A viszonylag sok komponens azt a célt szolgálta, hogy kelő borítottság alakulhasson ki, és tájékozódjunk arról, mely fajok alkalmasak a termőhelyre.

Amint a 3. táblázatban látható, vezérnövényünk a réti csenkesz 35%-kal, 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 ebír. A vezérnövény virágzása előtti stádiumban 2001-ben, 2002-ben és 2004-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  $3,2 \times 6 = 19,2$  m<sup>2</sup> nettó parcellák területét értékeltük az eke általi talajáthordás ha-

tásának kizárása céljából. Laboratóriumi vizsgálatokra, parcellánként 20 helyről a fűkasza után, átlagmintákat vettünk. Mintáknak mértük a friss és légszáráz tömegét (50 °C-on történt szárítást követően), majd finomra őröltük és 23-25 elemre vizsgáltuk cc.HNO<sub>3</sub>+cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> roncsolás után, ICP technikát alkalmazva. A N-tartalmat hagyományos cc.H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> feltárásból határoztuk meg. A NO<sub>3</sub>-N készletét 1:800 arányú desztillált vizes kivonatból mértük *Thammné* (1990) által ajánlott módszerrel.

1. táblázat. *Kezelések és hatásuk a talaj szántott rétegének AL-oldható elemkészletére 2005-ben (Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)*

Műtrágyázás és talajvizsgálat (1)	Kezelések, illetve műtrágyázási szintek (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	1	2	3		
N kg/ha/év (5)	0	100	200	300	-	150
N kg/ha/32 év (6)	0	3200	6400	9600	-	4800
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha/32 év (7)	0	1500	3000	4500	-	2250
K <sub>2</sub> O kg/ha/32 év (8)	0	2500	5000	7500	-	3750
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/kg (9)	87	214	444	704	56	362
AL-K <sub>2</sub> O mg/kg (10)	158	201	279	363	39	250

*Table 1.* Treatments and their effects on the soluble PK-content in the plow layer. (Calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsók, Mezőföld region). (1) Fertilisation and soil analysis, (2) Treatments or fertilisation levels, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) N kg ha<sup>-1</sup> years<sup>-1</sup>, (6) N kg ha<sup>-1</sup> 32 years<sup>-1</sup>, (7) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg ha<sup>-1</sup> 32 years<sup>-1</sup>, (8) K<sub>2</sub>O kg ha<sup>-1</sup> 32 years<sup>-1</sup>, (9) Ammoniumlactate soluble AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, (10) AL-K<sub>2</sub>O mg kg<sup>-1</sup>.

Kaszálásonként és parcellánként bonitáltuk a növényállomány fejlettségét, borítottságát, magasságát. Az egyes komponensek változását dr. Szemán László (SZIE Gödöllő) és dr. Vinczeffy Imre (DE Debrecen), 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 NH<sub>4</sub>-acetát+EDTA-oldható makro- és mikroelemeket *Lakanen és Erviö* (1971), valamint az NH<sub>4</sub>-laktát-oldható PK tartalmat *Egnér et al.* (1960) szerint.

Csapadékellátottság. A vizsgált 2007. évben januárban 18, februárban 38, márciusban 36, áprilisban 0, májusban a kaszálásig még 85 mm eső hullott a telepen. A közel 5 hónap alatt mindössze 177 mm. Ezt követően a június 45 mm,

július 22 mm csapadékot hozott. A gyeper elszáradt, 2. kaszálásra már nem került sor. Augusztus ugyan esős volt 97 mm hozammal, de a gyeper már nem indult fejlődésnek. A talaj vízkészlete sem töltődött fel az előző évi nyugalmi időszak alatt. 2006-ban a 2. kaszálás szeptemberben történt, utána októberben 21 mm, novemberben 14 mm, decemberben 5 mm eső hullott.

2. táblázat. *Növényi sorrend a kísérletben 1974–2007 között*  
(*Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld*)

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

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

3. táblázat. A kísérletben elvetett fűmagkeverék összetétele

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

Table 3. Seed mixture of sown grass species. (1) Components, (2) kg ha<sup>-1</sup>, (3) %, (4) Total, (5) Meadow fescue, (6) Tall fescue, (7) Perennial ryegrass, (8) Agropyron, (9) Red fescue, (10) Timothy, (11) Reed canarygrass, (12) Cocksfoot.

### Eredmények értékelése

Bonitálásaink szerint a N-nélküli parcellákon a gyepek igen gyengén fejlett, ritka, alacsony és sárga színű, míg a N-nel és P-ral egyaránt jól ellátott talajon jól fejlett, magas, sűrű és sötétzöld színű volt. A 34 éve trágyázásban nem részesített NP-kontroll kezelésben 0,5 t/ha, a maximális NP-ellátottságon 4,0 t/ha szénatermés képződött. Önmagában a P-trágyázás nem növelte a termést a N-hiányos talajon. A N-trágyázás viszont P-hiányos talajon csak a 100 kg/ha/év adagig volt hatékony, a kontroll parcella hozamát közel megnégyszerezve. A bőséges nitrogén és foszfor együttes trágyázással viszont a kontroll termése 8-szorosára nőtt. Az emelkedő K-szintek érdemi terméstöbbleteket nem okoztak ezen a K-mal közepesen ellátott termőhelyen.

A fű légszáranyaga 30% körüli volt átlagosan, melyet a P-trágyázás 1,8%-kal igazolhatóan növelt, serkentve a gyepek előregedését. Az 1 kg felhasznált N-re jutó szénatöbblet 5–22 kg között változott az N és P ellátottság függvényében. A növekvő N-adaggal természetesen a hatékonyság csökkent, hiszen a N-hatás nem lineáris, míg a javuló P-kínálat megkétszerezte a nagyobb N-adagok által okozott terméstöbbleteket. Kedvezőnek tekintjük a N-hatékonyságot, ha 20–25 kg szénatöbblettel jár minden kg N felhasználása. Megállapíthatjuk, hogy ebben a száraz évben, mely egy kaszálást adott, csak a 100 kg/ha/év N-adag bizonyult hatékonynak a P-ral is kielégítően ellátott talajon (4. táblázat).

4. táblázat. N és P ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna fejlődésére, termésére és a N-adagok fajlagos hatékonyságára 2007. 05. 22-én (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscök, Mezőföld)

AL-P:O, mg/kg	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD <sub>5%</sub> (2)	Átlag (3)
	(1)					
	0	100	200	300		
Bonitálás (1= igen gyengén, 5= jól fejlett állomány) (4)						
87	1,0	3,6	3,6	3,8		3,0
214	1,0	3,4	4,2	4,5	0,5	3,3
444	1,0	3,5	4,3	4,5		3,3
704	1,0	3,8	4,6	4,9		3,6
Átlag (3)	1,0	3,6	4,2	4,4	0,3	3,3
Légszáraz széna, t/ha (5)						
87	0,5	1,9	2,1	2,1		1,7
214	0,5	2,4	3,1	3,5	0,4	2,4
444	0,6	2,8	3,5	3,9		2,7
704	0,5	2,6	3,8	4,0		2,7
Átlag (3)	0,5	2,4	3,1	3,4	0,2	2,4
Többlet széna kg/1 kg N-re (6)						
87	-	14	8	5		9
214	-	19	13	10	4	14
444	-	22	14	11		16
704	-	21	16	12		16
Átlag (3)	-	19	13	10	2	14

Megjegyzés: az igen gyengén fejlett állomány ritka, alacsony és sárga színű, míg a jól fejlett állomány magas, sűrű és haragos zöld színű volt. A légszáraz anyag 34%-ot tett ki átlagosan.

Table 4. The effect of N and P levels of supply on the development and yield of air-dry grass hay, as well as the specific effectivity of N dosages on 22/05/2007 (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörscök, Mezőföld region). (1) N-fertilisation N kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, (2) LSD<sub>5%</sub>, (3) Mean, (4) Classification (1=weakly developed population, 5=well developed population), (5) Air-dry hay, t ha<sup>-1</sup>, (6) Extra hay kg per kg N. Note: the weakly developed population is sparse, low and yellow, while the well developed population is dense, high and fierce green. The average ratio of air-dry material was 34%.

Műtrágyázás hatását a légszáraz gyepszéna elemösszetételére az 5. táblázatban tanulmányozhatjuk. Döntően itt is a N-hatások kifejezettebbek. A nagyobb termésmeggel fellépő hígulás nyomán mérséklődött a K, P és a S a szénában. A Mo-tartalom erőteljesebb csökkenéséhez a nitrát és molibdenát közötti anion-

antagonizmus is hozzájárulhatott. Az egyéb vizsgált elemek koncentrációi emelkedtek. Érvényesült a N általános „hajtó” hatása.

5. táblázat. Műtrágyázás hatása a gyepszéna összetételére 2007. 05. 22-én  
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörccsök, Mezőföld)

Elem jele (1)	Mértékegység (2)	N-trágyázás, N kg/ha/év (3)				SZD <sub>5%</sub> (4)	Átlag (5)
		0	100	200	300		
N	%	0,95	1,45	2,05	2,30	0,11	1,68
K	%	1,73	1,66	1,43	1,51	0,19	1,58
Ca	%	0,43	0,55	0,61	0,63	0,06	0,55
P	%	0,35	0,24	0,22	0,22	0,03	0,26
Mg	%	0,17	0,20	0,20	0,19	0,02	0,19
S	%	0,22	0,14	0,15	0,17	0,02	0,17
NO <sub>x</sub> -N	g/kg	0,18	0,38	1,66	2,00	0,22	1,05
Na	g/kg	0,15	0,74	1,02	0,57	0,22	0,62
Fe	mg/kg	61	72	86	91	10	78
Mn	mg/kg	49	69	76	85	8	70
Al	mg/kg	33	36	44	45	9	40
Zn	mg/kg	12	16	20	21	2	17
Sr	mg/kg	13	16	17	19	2	16
B	mg/kg	4,2	5,2	5,3	5,2	0,5	5,0
Cu	mg/kg	2,3	3,4	4,2	4,6	0,3	3,6
Ba	mg/kg	2,3	2,4	3,2	4,1	0,6	3,0
Mo	mg/kg	1,2	1,5	0,8	0,7	0,2	1,0
Elem jele (1)	Mértékegység (2)	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg a szántott rétegben (6)				SZD <sub>5%</sub> (4)	Átlag (5)
		87	214	444	704		
P	%	0,17	0,26	0,28	0,31	0,03	0,26
S	%	0,15	0,16	0,18	0,19	0,02	0,17
Zn	mg/kg	19	17	17	16	2	17
Sr	mg/kg	11	16	18	21	2	16
Mo	mg/kg	1,4	1,1	0,8	0,9	0,2	1,0

Az 5. táblázat folytatása a következő oldalon...

Az 5. táblázat folytatása...

Elem jele (1)	Mérték-egység (2)	AL-K <sub>2</sub> O, mg/kg a szántott rétegben (7)				SZD <sub>5%</sub> (4)	Átlag (5)
		158	201	279	363		
K	%	1,18	1,40	1,73	2,02	0,19	1,58
Ca	%	0,66	0,59	0,48	0,49	0,06	0,55
Mg	%	0,22	0,20	0,17	0,17	0,02	0,19
Na	g/kg	0,88	0,86	0,43	0,30	0,22	0,62
Sr	mg/kg	19	17	15	15	2	16
B	mg/kg	5,6	4,8	4,7	4,7	0,5	5,0
Cu	mg/kg	3,9	3,7	3,4	3,4	0,3	3,6

Megjegyzés: Se 0,6; Cr és Hg 0,1; Co 0,04 mg/kg kimutatósi határ alatt.

*Table 5.* The effect of fertilisation on the composition of grass hay on 22/05/2007 (Calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsók, Mezőföld region). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) N fertilisation, kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, (4) LSD<sub>5%</sub>, (5) Mean, (6) AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mg kg<sup>-1</sup> in the ploughed layer, (7) AL-K<sub>2</sub>O, mg kg<sup>-1</sup> in the ploughed layer. Note: Se 0.6; Cr and Hg 0.1; Co 0.04 mg kg<sup>-1</sup> were under the detection level.

Kérdés, hogy ezek a változások mennyiben minősíthetők kedvezőnek, vagy nemkívánatosnak takarmányozási szempontból. Irodalmi adatok szerint a tejlő tehének számára megfelelő, szárazanyagra számítva a 2–3% N; 1–2% K; 0,5–0,7% Ca; 0,2–0,4% P; 0,1–0,2% Mg Na, illetve 50–160 mg/kg Fe és Mn; 30–50 mg/kg Zn; 8–10 mg/kg Cu; 5–8 mg/kg B; 0,1–0,5 mg/kg Mo, Se és Co összetételű takarmány (Horváth és Prohászka 1976, Finck 1982, Whitehead 1970). Az állatok sóigényét közismerten csak a szikes gyepek emelkedett NaCl tartalma képes kielégíteni.

A növekvő P-kínálattal megemelkedik a P és a S %-a, a Sr mennyisége, valamint csökken a Zn és a Mo koncentrációja. A szuperfoszfát P-és S-forrásul is szolgál, emellett 1–2% Sr-ot is tartalmaz szennyezésként korábbi elemzéseink szerint (Kádár 1992). Ismert ugyanakkor a P-Zn, illetve a foszfát-molibdenát antagonizmus a növényi felvételben. Az említett elemek tartalmában mért változások tehát magyarázhatók. A K-kínálattal csak a széna K-tartalma nőtt. Az egyéb elemek mennyisége visszaesett a kationantagonizmus, illetve a K-B antagonizmus eredményeképpen. Legkifejezettebben a Na elemé. Annak ellenére, hogy a kálisó 5–10% Na-ot is tartalmazhat (5. táblázat).

Lássuk, milyen mérvű módosulásokat okozhat az együttes nitrogén és foszfor bősége a légszáraz gypszéna elemtartalmában. A 6. táblázat adatai szerint

a P 0,14–0,40%, S 0,13–0,23%, Zn 12–23 mg/kg, Sr 10–24 mg/kg, Mo 0,5–2,3 mg/kg szélső értékek szerint változott. A NO<sub>3</sub>-N tartaléktápanyagnak minősül.

6. táblázat. N és P ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna elemtartalmára  
2007. 05. 22-én a K-kezelések átlagában  
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörccsök, Mezőföld)

AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD <sub>5%</sub> (2)	Átlag (3)
	(1)					
	0	100	200	300		
	P (%)					
87	0,29	0,11	0,14	0,14		0,17
214	0,36	0,25	0,23	0,21	0,04	0,26
444	0,33	0,28	0,26	0,26		0,28
704	0,40	0,31	0,25	0,28		0,31
Átlag (3)	0,35	0,24	0,22	0,22	0,02	0,26
	S (%)					
87	0,22	0,12	0,13	0,13		0,15
214	0,21	0,13	0,14	0,15	0,04	0,16
444	0,20	0,15	0,17	0,19		0,18
704	0,23	0,16	0,17	0,21		0,19
Átlag (3)	0,22	0,14	0,15	0,17	0,02	0,17
	Zn (%)					
87	13	19	22	23		19
214	12	16	20	18	4	17
444	10	14	21	23		17
704	12	15	16	20		16
Átlag (3)	12	16	20	21	2	17
	Sr (mg/kg)					
87	10	10	12	12		11
214	12	16	16	18	4	16
444	13	18	20	21		18
704	18	21	21	24		21
Átlag (3)	13	16	17	19	2	16

A 6. táblázat folytatása a következő oldalon...

## A 6. táblázat folytatása...

AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD <sub>5%</sub> (2)	Átlag (3)
	(1)					
	0	100	200	300		
Mo (mg/kg)						
87	1,2	2,3	1,3	1,0		1,4
214	1,2	1,5	0,9	0,7	0,4	1,1
444	1,0	1,1	0,7	0,5		0,8
704	1,3	1,2	0,5	0,5		0,9
Átlag (3)	1,2	1,5	0,8	0,7	0,2	1,0
NO <sub>3</sub> -N (g/kg)						
87	0,18	0,75	2,34	3,15		1,61
214	0,18	0,37	1,74	2,24	0,44	1,13
444	0,18	0,28	1,47	1,21		0,78
704	0,17	0,12	1,08	1,40		0,69
Átlag (3)	0,18	0,38	1,66	2,00	0,22	1,05

Table 6. The effect of N and P supply levels on the element content of air-dry grass hay on 22/05/2007 in the average of K treatments (Calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsók, Mezőföld region). (1) N fertilisation, kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, (2) LSD<sub>5%</sub>, (3) Mean.

A N-kontroll talajon kereken 0,2 g/kg vagy ezrelék, míg a N-túlsúlyos, de P-hiányos kezelésben 3,2 g/kg koncentrációt mértünk. A zöld növények általában 8-10 körüli N/P arányt igényelnek fejlődésükhöz. Amennyiben az egyik elem hiányzik, a másik elem beépülése is gátolt. Az össz-N 15%-át találjuk NO<sub>3</sub> formában pl. az N<sub>3</sub>P<sub>0</sub>, 12%-át az N<sub>3</sub>P<sub>1</sub>, 5%-át az N<sub>3</sub>P<sub>2</sub> és mindössze 2%-át az N<sub>3</sub>P<sub>3</sub> kezelésben. Az utóbbi kezelésben mindkét fő tápelem egyaránt és bőségben áll rendelkezésre, az N/P aránya 8,6 volt.

Az N és K elemek közötti kölcsönhatások nem kevésbé fontosak. A 7. táblázatban közölt eredmények szerint a K kereken 1,1-2,2%, Ca 0,4-0,8%, Na 0,1-1,5 g/kg, Sr 12-22 mg/kg, B 4-6 mg/kg körüli tartományban változik extrém értékeket tekintve. Különös figyelmet érdemel a talaj-növény rendszerben rendkívüli mobilis Na viselkedése. A N-trágyázással a széna Na-készlete nagyságrenddel megnőhet. A N műtrágya gyakorlatilag nem tartalmaz Na elemet. A kálisó igen. Mégis, az emelkedő K-kínálattal a széna K-tartalma átlagosan 1/3-ára süllyed. A jelenségre nem tudunk logikus magyarázattal szolgálni.

7. táblázat. N és K tápláltsági szintek hatása a légszáraz gyep elemtartalmára  
2007. 05. 22-én a kezelések átlagában  
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörccsök, Mezőföld)

AL-K <sub>2</sub> O (mg/kg)	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD <sub>5%</sub> (2)	Átlag (3)
	(1)					
	0	100	200	300		
K (%)						
158	1,64	1,15	0,87	1,07		1,18
201	1,70	1,50	1,24	1,17	0,38	1,40
279	1,77	1,94	1,67	1,55		1,73
363	1,80	2,08	1,96	2,24		2,02
Átlag (3)	1,73	1,66	1,43	1,51	0,19	1,58
Ca (%)						
158	0,47	0,64	0,80	0,76		0,66
201	0,39	0,66	0,65	0,65	0,12	0,59
279	0,41	0,47	0,48	0,55		0,48
363	0,44	0,44	0,51	0,56		0,49
Átlag (3)	0,43	0,55	0,61	0,63	0,06	0,55
Na (g/kg)						
158	0,23	1,28	1,22	0,80		0,88
201	0,11	1,09	1,49	0,77	0,44	0,86
279	0,14	0,41	0,84	0,32		0,43
363	0,11	0,17	0,54	0,38		0,30
Átlag (3)	0,15	0,74	1,02	0,57	0,22	0,62
Sr (mg/kg)						
158	14	18	21	22		19
201	12	19	18	20	4	17
279	13	14	15	16		15
363	14	13	16	17		15
Átlag (3)	13	16	17	19	2	16
B (mg/kg)						
158	4,4	6,1	6,7	5,4		5,6
201	3,7	5,4	5,1	4,8	1,0	4,8
279	4,3	4,8	4,6	5,0		4,7
363	4,4	4,3	5,0	5,3		4,7
Átlag (3)	4,2	5,2	5,3	5,2	0,5	5,0

Table 7. The effect of N and K supply levels on the element content of air-dry grass hay on 22/05/2007 in the average of K treatments (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörccsök, Mezőföld region). (1) N fertilisation, kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, (2) LSD<sub>5%</sub>, (3) Mean.

A 8. táblázat eredményei érzékeltetik néhány tápelemarány változásának irányát és mértékét az N és P ellátottság függvényében. Amint látható, az N/P aránya kereken 2–15, a Cu/Mo aránya 2–10, a P/NO<sub>3</sub>-N aránya 20–200, a P/Zn aránya 60–330 közötti értékeket mutatta. Amint korábban említettük, az optimális N/P aránya a fiatal zöld növényi szövetekben általában 8–12 közötti.

A terméssel felvett elemek mennyiségeit tájékoztató jelleggel a 9. táblázat foglalja össze az N és P tápláltság függvényében. A trágyázatlan kontroll és a bőséges NP-kínálat között általában nagyságrendi különbségek adódnak. A kivont N 5–96 kg, Ca 2–26 kg, P 2–11 kg (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4–25 kg), Mg 1–7 kg, S 1–8 kg, NO<sub>3</sub>-N 0,1–8,0 kg között változott. A vizsgált mikroelemek tekintetében hasonló mérvű eltéréseket tapasztaltunk. Így pl. a Fe 34–405, Mn 25–354, Al 18–210, Sr 5–95, Zn 7–89, B 2–20, Ba és Cu 1–15, a Mo 0,7–4,0, a Ni 0,1–1,4, a Cd 0,01–0,11 g/ha felvételt jelzett az N és P ellátottság függvényében. Az As, Hg, Cr, Se, Co felvétele g/ha kimutatási határ alatt maradt.

A K, Na és Mo felvételének extrémebb változásait az itt nem közölt N és K kétirányú táblázat eredményei jellemzik. A K 8–84 kg (K<sub>2</sub>O 10–100 kg), Na 0,1–4,9 kg/ha, Mo 0,7–3,7 g/ha szélső értékeket mutatta. A K-felvétel maximuma az N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>-szinthez, a Na felvételi maximuma az N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>-szinthez, a Mo felvételi maximuma pedig az N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>-szinthez kötődik. A N-túlsúlyos kezelésben ugyanis a Na, illetve a Mo szénában való készlete drasztikusan visszaesik az 5. táblázatban a korábban bemutatottak szerint.

Ami a széna fajlagos elemtartalmát illeti elmondható, hogy 1 t széna előállításához kísérleti körülményeink között 10–23 kg N, 12–20 kg K (14–24 kg K<sub>2</sub>O), 4–6 kg Ca (5–8 kg CaO), 2 kg körüli Mg (3–4 kg MgO), 2–3 kg P (4–7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) elemet igényelt a gyp átlagosan, eltekintve az extrém szélső értékektől. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a tervezett termés elemigényének számításakor a szaktanácsadásban.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás a 68665 sz. OTKA, valamint a HR-22/2008 sz. pályázatok eredményeként az NKTH és a KPI támogatásával jött létre, mely támogatások forrása a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap.

8. táblázat. N és P ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéná néhány elemarányára 2007. 05. 22-én a K-kezelések átlagában  
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörccsök, Mezőföld)

AL-P.O <sub>5</sub> (mg/kg)	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD <sub>5%</sub> (2)	Átlag (3)
	(1)					
	0	100	200	300		
	N/P					
87	3,2	14,6	14,3	14,9		11,8
214	2,6	5,8	9,0	10,6	4,4	7,0
444	2,8	5,0	8,1	9,4		6,3
704	2,4	4,3	8,1	8,6		5,8
Átlag (3)	2,8	7,4	9,9	10,9	2,2	7,7
	P/Zn					
87	223	58	64	61		102
214	300	156	115	117	64	172
444	330	200	124	113		192
704	333	207	156	140		209
Átlag (3)	296	155	115	108	32	168
	P/NO <sub>3</sub> -N					
87	16	15	60	44		34
214	20	17	132	94	50	66
444	18	20	170	215		106
704	22	26	231	200		120
Átlag (3)	19	20	148	138	25	82
	Cu/Mo					
87	1,9	1,5	3,1	3,8		2,6
214	2,0	2,3	4,8	6,6	0,8	3,9
444	2,1	2,9	6,8	10,8		5,6
704	1,9	2,9	7,8	9,5		5,5
Átlag (3)	2,0	2,4	5,6	7,7	0,4	4,4

Table 8. The effect of N and P supply levels on certain element proportions of air-dry grass hay on 22/05/2007 in the average of K treatments (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörccsök, Mezőföld region). (1) N fertilisation, kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, (2) LSD<sub>5%</sub>, (3) Mean.

9. táblázat. *N és P ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna néhány elemarányára 2007. 05. 22-én a K-kezelések átlagában (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)*

AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	N-trágyázás, N kg/ha/év (1)				SzD <sub>5%</sub> (2)	Átlag (3)
	0	100	200	300		
	N (kg/ha)					
87	5	31	42	45		31
214	5	35	65	79	8	46
444	5	38	74	96		53
704	5	34	77	96		53
Átlag (3)	5	35	64	79	4	46
	Ca (kg/ha)					
87	2	9	12	12		9
214	2	15	19	24	4	15
444	2	15	24	25		16
704	2	13	21	26		16
Átlag (3)	2	13	19	21	2	14
	P (kg/ha)					
87	1,5	2,2	2,9	3,1		2,4
214	1,9	6,1	7,2	7,4	0,8	5,6
444	1,9	7,6	8,9	10,1		7,1
704	2,2	8,0	9,4	11,1		7,7
Átlag (3)	1,9	5,9	7,1	7,7	0,4	5,7
	Mg (kg/ha)					
87	0,9	3,7	4,8	4,7		3,5
214	0,9	5,1	6,3	7,8	0,8	5,0
444	0,9	5,5	6,7	5,7		4,7
704	1,0	4,9	6,4	7,2		4,9
Átlag (3)	0,9	4,8	6,0	6,4	0,4	4,5
	S (kg/ha)					
87	1,1	2,4	2,8	2,7		2,2
214	1,1	3,2	4,3	5,4	0,6	3,5
444	1,1	4,3	5,9	7,5		4,7
704	1,3	4,1	6,5	8,2		5,0
Átlag (3)	1,2	3,5	4,9	6,0	0,3	3,8

*A 9. táblázat folytatása a következő oldalon...*

## A 9. táblázat folytatása...

AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD <sub>5%</sub> (2)	Átlag (3)
	(1)					
	0	100	200	300		
NO <sub>x</sub> -N (kg/ha)						
87	0,1	1,5	4,9	6,7		3,3
214	0,1	0,9	5,4	8,0	0,6	3,6
444	0,1	0,8	5,1	4,7		2,7
704	0,1	0,3	4,1	5,5		2,5
Átlag (3)	0,1	0,8	4,9	6,2	0,3	3,9
Sr (g/ha)						
87	5	20	25	25		19
214	7	38	50	64	6	40
444	8	48	71	80		52
704	9	53	78	95		59
Átlag (3)	7	40	56	66	3	42

Megjegyzés: Fe 34–405, Mn 25–354, Al 18–210, Sr 5–95, Zn 7–89, B 2–20, Ba és Cu 1–15, Mo 0,7–4,0, Ni 0,1–1,4, Cd 0,01–0,11 g/ha között ingadozott az N és P ellátottság függvényében. Az As, Hg, Cr, Se és Co g/ha kimutatási határ alatt.

Table 9. The effect of N and P supply levels on the element uptake on 22/05/2007 (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, Mezőföld region). (1) N fertilisation, kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, (2) LSD<sub>5%</sub>, (3) Mean. Note: The following ranges were observed depending on the N and P supply levels: Fe 34–405, Mn 25–354, Al 18–210, Sr 5–95, Zn 7–89, B 2–20, Ba and Cu 1–15, Mo 0.7–4.0, Ni 0.1–1.4, Cd 0.01–0.11 g ha<sup>-1</sup>. The g ha<sup>-1</sup> levels of As, Hg, Cr, Se, Co were below the detection level.

## IRODALOM

- Barcsák Z.*: 1999. A gyepek tápanyagellátása. [In: Fülek Gy. (szerk.) Tápanyaggazdálkodás.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 522–535.
- Baskay T. B.*: 1962. Legelő- és rétművelés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bánszki T.*: 1988. NPK műtrágya mennyiségi és aránykísérlet intenzív telepített gyepon. Növénytermelés. 37. 3: 247–257.
- Bánszki T.*: 1997. Telepített gyepon NPK műtrágyázása csernozjom talajon. Növénytermelés. 46. 5: 499–508.
- Bergmann, W.*: 1992. Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag, Jena-Stuttgart-New York.
- Bíró J.*: 1928. A legelőgazda könyve. Földművelésügyi Minisztérium. Budapest.
- Csathó P.*: 1992. K- és P hatások kukoricában meszes csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 41: 241–260.

- Csathó P.*: 2004. A talaj-növény rendszer tápelemforgalmának agronómiai és környezetvédelmi vonatkozásai. Akadémiai Doktori Értekezés Tézisei. Kézirat. 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.
- Finck, A.*: 1982. Fertilizers and Fertilization. Verlag Chemie. Deerfield Beach. Florida, Basel.
- Geisler, G.*: 1988. Pflanzenbau. 2. Auflage. Paul Parey. Berlin und Hamburg.
- Gericke, S.*: 1957. Zehn Fragen der Wiesendüngung. 3. Aufl. Tellus. Essen.
- Gericke, S.*: 1965. Die Wirkung langjähriger PK-Düngung auf den Wiesen. Die Phosphorsäure. 25: 12
- Gruber F.*: 1960. Rét és legelő. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Gyarmathy Gy.*: 1980. A gyeplő növények műtrágyázási irányelvei. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Harmati I.*: 1981. A Duna-Tisza közti sós, lúgos szikesek hasznosítása és javítása gyeppáldákkal. Agrokémia és Talajtan. 30: 186–199.
- Harmati I.*: 1997. Intenzív telepített gyeplő létesítése és műtrágyázása karbonátos szoloncsák-szolonyc szikesen. Növénytermelés. 46. 2: 191–202.
- Horváth R.–Prohászka K.*: 1976. Adatok a rét-legelő növényzetének tápelem-tartalmáról. Növénytermelés. 23. 1: 51–56.
- Kádár I.*: 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest. 1–398.
- Kádár I.*: 2004. Műtrágyázás hatása a telepített gyeplő ásványi elemtartalmára. 3. Gyepgazd. Közl. 2: 57–66.
- Kádár I.*: 2008. Műtrágyahatások vizsgálata 4. éves telepített gyeplőn. Elemfelvétel, elemforgalom. Növénytermelés. 57. 1: 9–20.
- Kádár I.*: 2010. Műtrágyahatások értékelése tartamkísérletben telepített gyeplőn. Agrokémia és Talajtan. 59: 295–314.
- Kádár I.–Győri Z.*: 2004. Műtrágyázás hatása a gyeplő szén takarmányértékére és tápanyag-hozamára. 2. Gyepgazd. Közl. 2: 46–56.
- Kádár I.–Győri Z.*: 2005. Műtrágyázás hatása a telepített gyeplő aminosav tartalmára és hozamára. 5. Gyepgazd. Közl. 3: 11–20.
- Kádár I.–Vinczeffly I.–Ragályi P.*: 2010. Műtrágyahatások vizsgálata 6. éves telepített gyeplőn. Gyepgazd. Közl. (In Press).
- Klapp, E.*: 1951. Einfluss der Schnitthäufigkeit auf die Wurzeltrockenmasse. Leistung, Bewurzelung und Nachwuchs einer Grassnarbe unter verschieden häufiger Mahd und Beweidung. Z. Acker- und Pflbau. 90: 269–286.
- Klapp, E.*: 1971. Wiesen und Weiden. P. Parey. 4. Auflage. Berlin.
- Lakamen, E.–Erviö, R.*: 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. Acta Agr. Fenn. 123: 223–232.
- McLean, E. O.–Adams, D.–Franklin, R. E.*: 1956. Cation exchange capacities of plant roots as related to their nitrogen contents. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 20: 345–347.

- Mucsi I.*: 1996. A legelő állatok (réz) anyagcsere betegségeinek kialakulása. [In: Vinczeffy I. (szerk.) Gyepgazdálkodási szakülés.] 13. DGYN. DE Mezőgazdasági Kar. Debrecen. 127.
- Nagy, G.*: 2008. Spring phenological development of perennial ryegrass and its response to annual weather conditions. *Cereal Res. Commun.* 36: 787–790.
- Németh T.–Kádár I.*: 1999. Nitrát bemosódásának vizsgálata és a N-mérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés.* 48. 4: 377–386.
- Raymond, W. F.–Spedding, C. R. W.*: 1965. The effect of fertilizers on the nutritive value and production potential of forages. *Proc. Fertil. Soc. N.* 88: 34. p.
- Romasev, P. I.*: 1960. Luga i pasztviscsa. [In: Katalümov, M. V. (szerk.) Szpravocsnjik po mineral'nüm udobrenijam.] Gosz. Izd. Sz/h. Literaturü. Moszkva. 331–336.
- Szabó J.*: 1977. Gyepgazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Thamm F.-né*: 1990. Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan.* 39: 191–206.
- Tölgyesi Gy.*: 1965. A keszthelyi lápon termett szálatakarmányok réz és molibdén tartalmának takarmányozási vonatkozásai. *Magyar Állatorvosok Lapja.* 20: 502–506.
- Vinczeffy I.*: 1998. Lehetőségeink a legeltetési állattartásban. Tanulmány. 16. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok. 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. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Hurley, Berkshire. Bulletin N. 48: 202.
- Wagner, P.*: 1909. Versuche über Wiesendüngung. *Arbeiten der DLG.* N. Berlin. 162.
- Wagner, P.*: 1921. Die Düngung der Wiesen nach den Ergebnissen von 4–14. jährigen Versuchen. *Arbeiten der DLG.* N. Berlin. 318.

A szerzők levelezési címe – Adress of the authors:

Dr. Kádár Imre–Ragályi Péter  
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet  
Budapest  
Herman O. u. 15.  
H-1022