

Műtrágyázás hatása a telepített gyep termésére és N-felvételére 1.

Kádár Imre

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

ÖSSZEFOGLALÁS

Egy műtrágyázási tartamkísérlet 28. évében, 2001-ben vizsgáltuk az eltérő N, P, K ellátottsági szintek és kombinációik hatását a réti csenkesz (*Festuca pratensis*) vezérnövényű, nyolckomponensű, pillangós nélküli gyepekverék termésére, fejlődésére és N-felvételére. Termőhely talaja a szántott rétegben mintegy 3% humuszt, 3-5% CaCO₃-ot és 20-22% agyagot tartalmazott, N és K elemekben közepesen, P és Zn elemekben gyengén ellátottnak minősült. A kísérlet 4N x 4P x 4K = 64 kezelést x 2 ismétlést = 128 parcellát foglalt magában. A talajvíz 13-15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. A vizsgált 2001. évben azonban kielégítő 621 mm csapadék hullott, és annak eloszlása is kedvező volt. A gyepek telepítése spenót elővetemény után 2000. szeptember 20-án történt gabona sortávra 60 kg/ha vetőmaggal. Főbb eredményeink:

1. Vetéstől az 1. kaszálásig, 2001. 05. 23-ig összesen 391 mm csapadék hullott a 8 hónap alatt. A 2. kaszálás október 9-én történt, a közel 4,5 hónapos periódus alatt újabb 368 mm eső esett. A kedvező csapadékelátás nyomán az abszolút kontroll parcellák szénatermése az 1. kaszálással 1,7 t/ha-ról 8,8 t/ha-ra, a 2. kaszálással 1,2 t/ha-ról 4,2 t/ha-ra, az 1+2. kaszálás éves szénahozama 3 t/ha-ról 13 t/ha-ra nőtt az N₃P₃K₃ kezeléseknél.
2. A fiatal állomány N-igénye még mérsékelt, míg P-igénye erőteljes. A jobb kezdeti fejlődés segítése céljából a gyepek telepítése előtt célszerű a talajt a „közepes” P-ellátottsági szintre feltölteni. E termőhelyen a 150 mg/kg körüli AL-P₂O₅ tartalom tekinthető elérendő célnak. Idővel a gyepek P-igénye csökkent, míg N-igénye emelkedett. K-hatások nem jelentkeztek ezen a 135 mg/kg AL-K₂O ellátottságú termőhelyen.
3. A 2. kaszálás idején P-hatásokat már nem kaptunk, a füvek kielégítették P-igényüket a 28. éve P-ral nem trágyázott, 66 mg/kg AL-P₂O₅ „gyenge” ellátottságúnak minősített talajon is. Termés a N-adag függvénye volt, mely a szénahozamokat megnégyszerezte. Az 1. kaszálásnál a 100 kg/ha, a 2. kaszálásnál a 200 kg/ha/év N-adag bizonyult előnyösnek. A 2. kaszálás kisebb termést, de N-ben gazdagabb szénát eredményezett. A szén kielégítően ellátottnak tekinthető N-ben, ha az anyaszéna N-tartalma a 2%-ot, a sarjúszéna N-tartalma a 2,5-3,0%-ot eléri. A gyepek légszáraz-anyag tartalmát a N-trágyázás az 1. kaszálásnál 33%-ról 31%-ra, a 2. kaszálásnál 27%-ról 21%-ra csökkentette.
4. A PK-val kielégítően ellátott talajon a 100 kg/ha/év N-adag adta a maximális szénatöbbletet: az 1. kaszálással 61 kg, a 2. kaszálással 14 kg, azaz összesen 75 kg szén/kg N-re. A 200 kg/ha/év N 43 kg, a 300 kg/ha/év N 34 kg többletszénát eredményezett minden kg N-re. A 300 kg/ha/év N-adagnál az anyaszéna NO₃-N tartalma 0,34%-ot ért el, túllépve a megengedett 0,25%-os koncentrációt. A kontrollon 0,06, N 100 kg/ha/év kezelésben 0,10, N 200 kg/ha/év kezelésben

0,22%-ot mértünk. A 2. kaszálásnál a sarjúszéna NO₃-N készlete átlagosan felére csökkent az egyes kezeléseknél.

5. A különbség-módszerrel számított N-hasznosulás a PK elemekkel is kielégítően ellátott kezeléseknél meghaladta a 100%-ot. Ez visszavezethető a nagyobb termések fokozott N-felvételére a talaj NO₃-N készletének rovasára, melyet a korábbi évek műtrágyázása eredményezett.

Kulcsszavak: telepített gyepek, NPK műtrágyázás, szénatermés, N-felvétel

SUMMARY

The effects of different N, P and K supply levels and their combinations on the development, yield and N-uptake of an established all-grass sward were examined in the 28th year of a long-term fertilization experiment set up on a calcareous chernozem soil. The soil of the growing site contained around 3% humus, 5% CaCO₃, 20-22% clay in the ploughed layer and was originally moderately well supplied with available K, Mg, Mn and Cu and poorly supplied with P and Zn. The trial included 4Nx4Px4K=64 treatments in 2 replications, giving a total of 128 plots. The fertilizers applied were Ca-ammonium nitrate, super phosphate and potassium chloride. The groundwater table was at a depth of 13-15 m and the area was prone to drought. In 2001, however, the area had a satisfactory amount of 621 mm precipitation with a fairly good distribution. The grass was established on 21. September 2000. The main results and conclusions can be summarised as follows:

1. Grass herbage had a very favourable wet year in 2001 with over 700 mm rainfall during the total vegetation period. The hay yield of unfertilised control plots was by the 1st cut 1.7 t/ha, by the 2nd cut 1.2 t/ha, while the N₃P₃K₃ treatment gave 8.8 t/ha and 4.2 t/ha resp., so NPK fertilization increased the air-dried hay yield from 3 t/ha to 13 t/ha (1st+2nd cuts together).
2. The N-requirement of the young grass was moderate while the P-response significant by the 1st cut. The optimum P-supply was at the 150 mg/kg ammonium lactate soluble AL-P₂O₅ in the plow layer. There were no K-responses on this soil with 135 mg/kg AL-K₂O values.
3. There were no P responses any more by the 2nd cut even on the low P-supply soil, with 66 mg/kg AL-P₂O₅ value, while the applied N increased the hay yield 4 times. The optimum N content in the hay, leading to maximum yield, amounted 2% by the 1st cut and 2.5-3.0% at the 2nd cut. Applied N decreased air-dried content at the 1st cut from 33% to 31%, at the 2nd cut from 27% to 21%.
4. On the soil, well supplied with PK, the 100 kg/ha/yr N treatment gave the maximum hay surpluses: at the 1st cut 61 kg, at the 2nd cut 14 kg, that is a total of 75 kg hay/kg N

applied. The 200 kg/ha/yr plots yielded 43 kg, 300 kg/ha/yr yielded 34 kg hay/kg N applied. The primary sward hay had 0.34% $\text{NO}_3\text{-N}$ in the 300 kg/ha/yr treatment, which was over the allowable 1.25% $\text{NO}_3\text{-N}$ limit for animal foodstuff. The $\text{NO}_3\text{-N}$ content in the N-control plots amounted 0.06%, in the 100 kg/ha/yr treatment 0.10%, in the 200 kg/ha/yr treatment 0.22%. At the 2nd cut the hay had generally, half as high $\text{NO}_3\text{-N}$ content as in the 1st cut hay in all treatments.

5. The apparent recovery of applied N, using difference method, was even more than 100% on the well supplied with PK soil suggesting that in these instances grass herbage could make a good use of soil $\text{NO}_3\text{-N}$ pool accumulated in soil during the previous period and not used by the crops.

Keywords: established all-grass, NPK fertilization, hay yield, N uptake

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Régóta ismert, hogy a trágyázás hatása a gyepeken más, mint a szántón. Másként hat a műtrágya a gyepek komponenseire, így a fűvekre, pillangósokra és a gyomokra. Emiatt szelektál. Egyes fajok fejlődését segíti, másokét fenntartja, ismét másokét elnyomja. A gyepek plasztikusan reagálnak a környezeti és emberi beavatkozásokra, változtatva botanikai és ásványi összetételét. Eltérő lehet ugyanis az egyes fajok környezettel szembeni igénye, a gyeptársuláson belüli fejlődési stádiuma, összetétele, stb., így összességében kevésbé érzékenyen reagálnak a külső hatásokra. A fűvek fejlődési stádiumai a kalászosokéval megegyeznek (Klapp 1965, 1971; Voisin 1961, 1964, 1965).

A gyepek termőképességét 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 gyepek 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 gyepek, de vízszükséglete extrém esetben 400-1200 l/kg szárazanyag között ingadozhat.

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 gyepek „pihen”, őszi időszakban is csak mérsékelt fejlődést mutat. A kaszálások gyengítik az állományt, gyengül a gyökérműködés, a tápanyagok felhalmozása a gyökérben, ill. a regenerációs képesség. A gyakori vágásnál kiszorulnak, gyérülhetnek a nagytestű szálfűvek (Bíró, 1928; Klapp, 1951; Gruber, 1960; Baskay, 1962; Szabó, 1977; Vinczeff, 1998).

Klapp (1965, 1971) szerint a gyökértömeg esetenként 80-90%-a a talaj felső 5 cm rétegében található. Bár nincs érdemi talajművelés a gyepeken,

így a trágyák bedolgozása sem lehetséges, ennek ellenére hasznosulásuk általában jobb, mint a szántón. A trágya aktív gyökerekkel kerül kapcsolatba, ahol intenzív a talajélet, és a trágyahatások, utóhatások összeadódnak. A mélytrágyázási kísérletek ezért sikertelenek maradtak. Gyepek alatt tartósan érett a talajállapot, a talajszerkezet és a talajélet fenntartása nem igényel szervesanyag-bevitelt, istállótrágyát. Káta és Veres (2003) a gyepek talajának és rizoplánjájának összehasonlítása során igazolták, hogy az élő fűvek alatt aktívabbak a mikrobiológiai és biokémiai folyamatok. Erősebb CO_2 -termelést és foszfát-aktivitást a szervesanyagban gazdagabb talajok mutattak. A gyepek rizoplánjában a mikroorganizmusok száma meghaladta a talajbani értékeket.

A tarló a lehulló levélzettel, valamint a gyökérmaradványok nagymennyiségű szerves anyagot juttatnak a talajba és a talajra. A szervesanyag bomlása korlátozott, mert lecsökken az aeráció az intenzív gyökérlégzés miatt. A gyesített talaj szervesanyagot akkumulál. Ahhoz, hogy a gyökér újrahasznosuljon, ne szaporodjon fel nemezszerű cellulózzgazdag tömegben, mineralizálódnia kell. A cellulózbontó talajszervezetek tevékenységéhez sok N szükséges, hogy a bomlás gyorsuljon, különösen a pillangóst nem tartalmazó gyepeken (Vinczeff, 1964, 1998; Barcsák, 1999, 2004).

Ami az évente talajba jutó tarló + gyökérmaradványokat illeti, tömegük elérheti a betakarított földfeletti termés 50-70%-át. A szervesanyag talajbani akkumulációja és ásványosodása közötti egyensúly lassan áll be. Az ismert angliai Rothamsted-i gyepek kísérletben ehhez több mint 100 évre volt szükség. Az állandó gyepek alatt a műtrágyázási kezelésektől függően 0,3-0,7%, míg a mellette levő szántón 0,12% N-készletet mértek a felső 15 cm talajrétegben (Richardson, 1938).

Amennyiben feltesszük, hogy a humusz ill. a talajbani szervesanyag átlagosan 0,5% N-tartalmú, a szántó 2,4%, míg a gyepek talaja 6-14% szervesanyagot tárolt a 15 cm feltalajban 100 év után. A 15 cm talajréteg tömegét 2000 t/ha-ra becsülve a 4-12% humuszgyarapodás kb. 1/3 térfogattömeggel figyelembe véve tehát 25-80 t/ha szervesanyag-akkumulációt jelenthet, azaz évente 250-800 kg/ha mennyiséget. Az első évtizedben természetesen ennél jóval nagyobb, míg az egyensúly felé haladva kevesebbet. Amikor az egyensúly beáll, ugyanannyi szervesanyag bomlik el a gyepek alatt, mint amennyi újonnan képződik, tehát a gyökértömeg egy része folyamatosan cserélődik.

Angliában, általában ÉNy-Európában a gyepek terméspotenciálja nagyobb, mint a szántóké. Az egyéb tápelemekkel ellátott talajokon meghatározó a N-trágyázás ill. a N-ellátás. A 300 kg/ha/év N-adagig a növényi hozamok, és ezzel együtt az állati termékek is gyakorlatilag lineárisan növelhetők, a 300-600 kg/ha/év tartományban a terméstelepek csökkenő, majd 600-1200 kg/ha/év N-kínálattal

jelentkezik a depresszió. A termőhely talaja 10-100 kg/ha/év N-t szolgáltathat N-trágyázás nélkül, de ezt általában nem veszik figyelembe a szaktanácsadásban (Whitehead, 1970; NAAS, 1967).

A N-igényt a pillangósok aránya döntően befolyásolhatja, melyek 200-300 kg/ha/év N-t köthetnek meg ÉNy-Európa egyes tájain. Új-Zélandon, ahol a herefélék fejlődésére a körülmények rendkívül kedvezőek, a N-kötés akár a 600-700 kg/ha/év mennyiséget is elérheti. Ezért a N-trágyázás itt nem hatékony. Hollandiában viszont fordított a helyzet. A herefélék szerepe elenyésző, a N-trágyázás meghatározó 300 kg/ha/év feletti adagokkal. Szaktanácsadás során a tervezhető termés N-igényén túl a lombanalízis is segítséget nyújthat. Az állomány kielégítően ellátottnak tekinthető, amennyiben a N 3,0-3,5%-ot, illetve a $\text{NO}_3\text{-N}$ a 0,10-0,14%-ot eléri (Whitehead, 1970; Burg, 1966). A 0,25% feletti $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalom a hazai előírások szerint már nem megengedett a takarmányban (Barcsák, 2004).

A N főként a szálfüveket növeli, ill. a pillangósokat leárnyékolja és elnyomja. Ezzel részben csökkenti a gyepek Ca és Mg készletét. Más oldalról viszont a N, alapvetően a $\text{NO}_3\text{-forma}$ 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 gyepeken 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 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 $\text{NO}_3\text{-N}$ akkumulációja. Itthon Harmati (1981, 1997) kapott kiugróan minősülő P és NP hatásokat szikes réti talajon, ill. legutóbb Bánszky (1988, 1997) hívta fel a figyelmet a 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 gyepek „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 gyepek további termelékenységére szempontjából.

Schlechtner (1972) Ausztriában összefoglalva a gyakorlati trágyázási tanácsokat megállapítja, hogy a trágyázás célja kettős: növelni a hozamot és javítani a minőséget. Utóbbi magában foglalhatja az értékesebb fűfajok meghonosítását, valamint a takarmány ásványi és szerves összetételének kedvezőbbé tételét. A kielégítő PK-ellátottságot a 150 mg/kg feletti AL- P_2O_5 , ill. AL- K_2O tartalom jelezheti a szántott rétegben. Ekkor megelégszenek a terméssel felvett P és K visszajuttatásával. Véleménye szerint legnagyobb hatása a N-trágyázás, 1 kg N 10-12 kg szárazanyag többletet adhat átlagos viszonyok között. Az 1 számosállat takarmányigényét mintegy 350 kg N felhasználása biztosíthatja kedvező körülmények között.

A gyepek kevésbé van rászorulva a Ca és az istállótrágya szerkezetjavító hatására, így meszesítésre és szerves-trágyázásra a gyepeken ritkábban kerül sor. Az állomány egy határon belül képes ellensúlyozni az elsavanyodást az alkotó fajok módosulásával. Kedvezőnek tekintik még a pH-t féllápon 4,0, síklápon 4,5, homokos vagy humuszgazdag talajon 5,0, vályogon 5,5, agyagos talajon 6,0 értékig. A Ca kimosódását 150-600 kg/ha/év CaO mennyiségre becsülik. Hasonló talajokon 1-2 t/ha CaCO_3 -tal végzett mésztrágyázással, ill. a lúgosan ható trágyaformák, mint a hiperfoszfát alkalmazásával ellensúlyozható a további elsavanyodás (Schlechtner, 1972; Geisler, 1988).

A hazai irodalomban általánosan elfogadott Barcsák (2004) szerint, hogy a legelőfü, ill. az extenzív kaszálók szénája átlagosan 16-6,5-20-20= $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O-CaO}$ kg/t elemtartalmú. Jó N-hatásról beszélünk, ha 1 kg N-re 100 kg zöld vagy 25 kg széna terméstöbblet adódik. A 25 kg szénában 4 kg N lehet, a 100 kg-ban 16 kg, azaz a N 100%-ban hasznosulhat.

A gyeppnövények műtrágyázási irányelvei c. MÉM NAK kiadvány a tervezett termés NPK-igényének megállapításakor a fajlagos NPK értékeket módosítja a termőhely talajának kötöttsége, valamint humusz és AL-PK készlete alapján. Két termőhelyi kategóriát jelöl meg: K_A 37 alatti, tehát a laza homokos, valamint a K_A 37 feletti, tehát a középkötött és vályog talajokra. Mindkét termőhelyi kategórián belül még megkülönböztet gyenge, közepes és jó vízgazdálkodású talajokat. Ehhez járul még az 5-5 humusz-, ill. PK-ellátottság (igen gyenge, gyenge, közepes, jó, igen jó). Így $2 \times 3 = 6 \times 5 = 30-30$ fajlagos N, P és K értéket közöl. A N 18-55 kg/t széna, a P_2O_5 4-12 kg/t széna, a K_2O 12-22 kg/t széna között változhat (Gyarmathy, 1980).

A MÉM NAK műtrágyázási irányelvek szerzője eltekint a pillangósok szerepétől, hasznosítás módjától és a termésszintektől. Igyekszik figyelembe venni viszont a termőhely vízgazdálkodását, kötöttségét, humusz- és oldható PK-tartalmát. A pH(KCl) 5,6 alatti talajokon a kötöttség és az y_1

(hidrolitos aciditás) függvényében 0,4-2,0 t/ha adagokkal javasol mésztrágyázást. Hasonló savanyú termőhelyeken Mg-hiány is felléphet, ezért a talaj KCl-oldható Mg készlete, kötöttsége és a K-trágyázás intenzitása figyelembevételével 20-60 kg/ha Mg bevitelét ajánlja Mg-sók útján, vagy dolomittal végzett mésztrágyázást (Gyarmathy és Parászka, 1978; Gyarmathy, 1980).

Az ismertetett MÉM NAK irányelvek átfogó kritikájára, ellenőrzésére még nem került sor. Szembetűnő azonban, hogy a javasolt fajlagos N-tartalmak akár 3,5-szeresen is meghaladhatják a szénák átlagos N-készletét. Ez azt is jelenti, hogy alig 30%-os N-hasznosulással számol, tehát túltrágyázásra és környezetszennyezésre ösztönöz. Nem világos, hogy miért kell PK trágyázást folytatni ott, ahol a talaj igen jól ellátott. A terméssel kivont tápelemek mérlegszerű pótlása, a fenntartás lehet indokolt a kielégítően ellátott talajon. Általában nem ad arra útmutatást, hogy hol felesleges vagy káros a trágyázás.

A továbbiakban egy műtrágyázási tartamkísérlet eredményeit ismertetjük, amely lehetővé tette az eltérő tápelem-ellátottsági szintek és azok közötti kölcsönhatások bemutatását a telepített gyeptermeisére, ásványi összetételére, minőségi jellemzőire. Első közleményünk a termésadatok és a N felvétel, ill. N-hasznosulás kérdését taglalja.

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 a termőhelyen a 6 m mélységet (Kádár és Németh, 1993; Németh és Kádár, 1999). Megemlítjük, hogy 2001-ben az 1 éves gyeptermeisére 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.

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 gyeptermeisére 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, Nagyhorcsök, 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/30 év(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	542	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 the plow layer (Calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsök, Mezőföld region)

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

Az elmúlt évtizedekben igyekeztünk minden fontosabb szántóföldi növényfaj agrokémiájával foglalkozni és feltárni a tápláltsági állapot, valamint a termék, terméselemek, 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.

A gyepterelítést a spenót betakarítása után 2000. szeptember 20-án végeztük el 8 komponensből álló gyepterelítő 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.

2. táblázat

Növényi sorrend a kísérletben 1974-2003. között
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyőrscsök, 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	Siló kukorica(20)
6.	1979	Őszi árpa(6)	21.	1994	Sárgarépa(21)
7.	1980	Zab(7)	22.	1995	Rozs(22)
8.	1981	Cukorrépa(8)	23.	1996	Köles(23)
9.	1982	Napraforgó(9)	24.	1997	Bab(24)
10.	1983	Mák(10)	25.	1998	Olaszperje(25)
11.	1984	Repce(11)	26.	1999	Olaszperje(25)
12.	1985	Mustár(12)	27.	2000	Spenót(26)
13.	1986	Sórárpa(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, Nagyőrscsök, Mezőföld region)
Years(1), crop species(2), winter wheat(3), maize(4), potato(5), winter barley(6), oat(7), sugar beet(8), sunflower(9), poppy(10), rapeseed(11), mustard(12), spring barley(13), oil flax(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)

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 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 leahyva 3,2×6=19,2 m² nettó parcellák területét értékeltük az eke általi talajáthordás hatásának kizárása céljából. Laboratóriumi vizsgálatokra, parcellánként 15-20 helyről a fűkasza után,

átlagmintákat vettünk. Mintáknak mértük a friss és légszáraz tömegét 50 °C-on történt szárítást követően, majd finomra őröltük és 23-25 elemre vizsgáltuk cc.HNO₃+cc.H₂O₂ roncsolás után, ICP technikát alkalmazva. A N-tartalmat hagyományos cc.H₂SO₄+cc.H₂O₂ feltárásból határoztuk meg. A NO₃-N készletét 1:800 arányú desztillált vizes kivonattól mértük Thammné (1990) által ajánlott módszerrel.

3. táblázat

A kísérletben elvetett fűmagkeverék összetétele

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

Table 3: Seed mixture of sown grass species

Components(1), meadow fescue(2), tall fescue(3), perennial ryegrass(4), agropyron(5), red fescue(6), timothy(7), reed canarygrass(8), cocksfoot(9), total (10)

Kaszálásonként és parcellánként bonitáltuk a növényállomány fejlettségét, borítottságát, magasságát. Az egyes komponensek változását dr. Szemán László (SZIE Gödöllő), a gyomosodást dr. Radics László (KÉE, Budapest), a minőségvizsgálatokat dr. Győri Zoltán (DE, Debrecen) végezte. A telepítés előtt talajmintákat vettünk a szántott rétegből parcellánként 20-20 pontminta/lefűrés egyesítésével. A mintákban meghatároztuk a NH₄-acetát+EDTA-oldható makro- és mikroelemeket Lakanen és Erviö (1971), 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 gyepterelítő 391 mm csapadékot hasznosíthatott. A 2001. október 9-én történt 2. kaszálásig 368 mm újabb csapadéktömeg érkezett. Mindez lehetővé tette, hogy a gyepterelítő első évében kielégítő termések képződjenek, hiszen a csapadék mennyisége elérte, sőt meghaladhatta a téli csapadékkal együtt a klímáink 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 gyepterelítő 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, és ezzel a kontrollhoz viszonyított relatív vagy %-os trágyahatások megnöttek.

2003-ban egyetlen kaszálás történt, június 2-án. Az aszályos augusztus és szeptember nem adott betakarításra érdemes sarjút.

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)

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 gyepek csak egy részét tudta hasznosítani.

Az NxPxK másodrendű kölcsönhatások a kísérletben általában nem voltak igazolhatóak, így ismétlésül szolgálhattak. A kéttényezős NxP, NxK, PxK táblázatok közül hely hiányában csak azokat mutatjuk be a 3. tényező (tehát összesen 8-8 ismétlés) átlagában, ahol a kölcsönhatások kifejezettek. Amennyiben az ilyen elsőrendű kölcsönhatások sem érdemlegesek, csak a főhatásokat (N, P, K) közöljük 32-32 ismétlés átlagában. A kétirányú vagy kéttényezős eredménytáblázatokban az SzD_{5%} értékek a sorokra és az oszlopokra azonosak, így azokat csak egyszer tüntetjük fel. E közleményben csak az 1. év eredményeit közöljük.

EREDMÉNYEK

Az ősszel elvetett gyepek jól beállt, szépen fejlődött 2001 tavaszán és jelentős trágyahatásokat mutatott. Az 5. táblázatban közölt adatok szerint a fejlődés korai szakaszában kiemelkedő a gyepek P-igénye. Az idő múlásával a P-hatások mérséklődnek, a fűfélék fokozatosan képesek kielégíteni mérsékelt P-igényüket a P-ral 30 éve nem trágyázott, P-ral gyengén ellátott 66 mg/kg AL-P₂O₅ tartalmú talajon is. A P-kontroll talajon kapott bonitálásaink átlaga április 24-én 1,6, május 3-án 2,5, május 23-án 3,1 volt, a P-hatások tehát rohamosan csökkentek a 4 hét alatt. A kétirányú táblázatban az is megfigyelhető, hogy a kielégítő P-ellátottság nélkül a N-hatások elmaradnak és fordítva. A NxP hatások összefüggenek. Az NP-kontroll talajon a fűvek borítottsága április 25-én 65%-ot tett ki, míg a NP-vel kielégítően ellátott kezelésekből 90% fölé emelkedett. Ennek megfelelően az átlagos gyomfajszám felére csökkent. A gyomfedettség azonban a kísérletben jelentéktelen maradt, 0,3-1,2% között ingadozott 0,7% átlagos borítottsággal. Főbb előforduló gyomfajok: sebforrasztó zsombor (SIS SO), pipacs (PAP RH) és a napraforgó kutyatej (EUP HE).

Amennyiben arra a kérdésre keressük a választ, hogy mekkora a gyepek trágyaigénye megállapítható, hogy ezen a talajon közepesnek tekinthető 153 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottság felett már igazolható hatások nem jelentkeznek. A N esetén ez a kielégítő kínálat ebben a fejlődési stádiumban általában már a 100 kg/ha/év adagnál jelentkezik. Összességében leszögezhető, hogy a fiatal növényzet N-igénye még mérsékelt, míg a P-igénye erőteljes. A gyepek telepítése előtt célszerű a talajt legalább a közepes P-ellátottsági szintre feltölteni. Az 5. táblázat eredményei arra is utalnak, hogy a N vagy P túltrágyázás nem eredményezett depressziót. Megemlítjük, hogy a növekvő K-ellátottsági szintek igazolhatóan nem befolyásolták a vizsgált mutatókat. A 135 mg/kg AL-K₂O közepes ellátottságon a gyepek kielégítették K-igényét, de a 390 mg/kg K₂O tartalmú, túlzottan minősülő K-ellátottságon sem kaptunk negatív hatásokat. Megállapítható, hogy a fűfélék jó P- és K-feltárási képességgel rendelkeznek. Amennyiben a talaj P- és K-készlete megfelelő, döntőnek a N-ellátás bizonyulhat. Lássuk ehhez a kaszálások termésadatait és a N-felvétel eredményeit.

5. táblázat

NxP ellátottsági szintek hatása a gyep fejlődésére, borítottóságára és az átlagos gyomfajszám alakulására 2001. április és május hónapokban
(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		
Bonitálás április 24-én(5)						
66	1,5	1,5	1,4	2,1	0,6	1,6
153	2,1	4,3	4,8	4,9		4,0
333	2,6	4,4	4,9	5,0		4,2
542	2,4	4,9	5,0	4,9		
Átlag(4)	2,2	3,8	4,0	4,2	0,3	3,5
Gyepborítás %-a április 25-én(6)						
66	65	69	68	72	8	69
153	84	93	94	96		92
333	82	93	96	96		92
542	78	95	96	96		91
Átlag(4)	77	88	89	90	4	86
Átlagos gyomfajszám, db(7)						
66	3,0	2,4	2,4	2,3	1,0	2,5
153	2,4	1,8	1,6	1,3		1,8
333	2,6	2,1	1,1	1,4		1,8
542	2,1	1,9	1,5	1,5		1,8
Átlag(4)	2,5	2,0	1,7	1,6	0,5	2,0
Bonitálás május 3-án(8)						
66	2,3	2,6	2,5	2,5	0,6	2,5
153	3,6	4,5	4,9	4,9		4,5
333	3,8	4,6	4,8	4,8		4,5
542	3,8	4,8	4,8	5,0		4,6
Átlag(4)	3,3	4,1	4,2	4,3	0,3	4,0
Bonitálás május 23-án(9)						
66	1,6	3,3	3,5	3,9	0,6	3,1
153	2,6	5,0	5,0	5,0		4,4
333	2,6	5,0	4,9	5,0		4,4
542	3,1	4,8	5,0	5,0		4,5
Átlag(4)	2,5	4,5	4,6	4,7	0,3	4,1

Bonitálás: 1=igen gyenge, 2=gyenge, 3=közepes, 4=jó, 5=igen jó állomány(10)

Megjegyzés: adatok a K kezelések átlagai(11)

Table 5: Effect of NxP supply levels on the development and soil cover of grass and average number of weed species in April and May 2001. (Calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ mg/kg in the plow layer(1), N kg/ha/yr(2), LSD_{5%}(3), mean(4), scoring of grass on April 24th(5), percentage grass cover on April 25th(6), average number of weed species per plot on April 25th(7), scoring of grass on May 3rd(8), scoring of grass on May 23rd(9), scoring: 1=very poorly developed stand, 5=very well developed stand(10), note: data given as means of K treatment(11)

A légszáraz szénatermés május 23-án 3,3-8,1 t/ha között ingadozott az NxP kínálat függvényében. Igazolható terméstopbbletek az N₁P₁ szint felett már valójában nincsenek. A széna N-tartalmát a N és P együttes túlkínálata 2,7%-ra emeli, míg a N-kontroll talajon hígulás lép fel és a N 1,0% körüli értékre csökken, mert a javuló P-kínálattal a termés jobban emelkedik, mint a N-felvétel. A földfeletti termésbe épült N 45-218 kg/ha tartományban mozog, csaknem 5-szörösére ugrik az együttes NP-túltrágyázással (6. táblázat).

6. táblázat

Az NxP ellátottsági szintek hatása a gyep szénatermésére és N-felvételére 2001. május 23-án
(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		
Légszáraz széna, t/ha(5)						
66	3,3	3,9	3,8	4,8	1,0	4,0
153	5,5	7,2	7,6	6,9		6,8
333	5,8	7,9	7,4	7,4		7,1
542	4,9	8,1	7,9	8,1		7,2
Átlag(4)	4,9	6,8	6,7	6,8	0,5	6,3
N % (6)						
66	1,35	1,85	1,96	2,16	0,32	1,83
153	0,91	1,84	2,12	2,36		1,81
333	1,01	1,88	1,09	2,36		1,84
542	1,14	1,91	2,20	2,69		1,98
Átlag(4)	1,10	1,87	2,09	2,39	0,16	1,86
N kg/ha(7)						
66	45	72	74	104	24	74
153	50	132	161	163		126
333	59	149	155	175		134
542	56	155	174	218		151
Átlag(4)	52	127	141	165	12	121

Megjegyzés: adatok a K-kezelések átlagában közölve(8)

Table 6: Effect of NxP supply levels on the hay yield and N-uptake of grass on May 23rd, 2001. (Calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Ammonium lactate soluble P₂O₅ mg/kg in the plow-layer(1), N kg/ha/yr(2), LSD_{5%}(3), mean(4), air-dried hay t/ha(5), N% in hay(6), uptaken N kg/ha(7), note: data given as a mean of K-treatments(8)

A 2. kaszálás idején már csak a N-ellátás limitálja a termést. Míg az 1. kaszálásnál a N-kontrollhoz viszonyított átlagos N-hatás a 40%-ot sem éri el (4,9-ről 6,8 t/ha-ra növeli a termést), a 2. kaszálásnál a N-kontroll terméstopblete csaknem 400%-kal emelkedik a maximális N-kínálattal. A P-hatások viszont elmaradtak. Sőt, a talaj javuló P-ellátottsága termésnövekedést okoz a N-nélküli kezelésekben. Itt alakult ki ugyanis az extrém N-deficit a korábbi évek nagyobb N-felvétele miatt. A N koncentrációját

sem befolyásolja már a P-kínálat. A felvett N mennyisége a szénában 16-115 kg/ha intervallumban található (7. táblázat).

7. táblázat

Az NxP ellátottsági szintek hatása a gyepek szénatermésére és N-felvételére 2001. október 09-én

(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		
Légszárász széna, t/ha(5)						
66	1,4	2,7	3,5	3,6		2,8
153	0,8	2,1	3,5	4,0	0,4	2,6
333	1,0	2,3	3,4	4,0		2,7
542	0,9	2,1	3,4	3,9		2,7
Átlag(4)	1,0	2,3	3,4	3,9	0,2	2,7
N % (6)						
66	1,72	2,56	2,64	2,70		2,40
153	1,78	2,00	2,81	2,88	0,31	2,37
333	1,85	1,94	2,59	2,69		2,27
542	1,75	2,21	2,70	2,74		2,35
Átlag(4)	1,78	2,17	2,68	2,75	0,16	2,35
N kg/ha(7)						
66	24	69	93	99		71
153	14	43	99	115	14	68
333	18	44	87	109		64
542	16	46	104	106		68
Átlag(4)	18	50	96	107	7	68

Megjegyzés: Adatok a K-kezelések átlagában közölve(8)

Table 7: Effect of NxP supply levels on the hay yield and N-uptake of grass on October 9th, 2001. (Calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Ammonium lactate-soluble P₂O₅ mg/kg in the plow-layer(1), N kg/ha/yr(2), LSD_{5%}(3), mean(4), air-dried hay t/ha(5), N % in hay(6), uptaken N kg/ha(7), note: data given as a mean of K-treatments(8)

Az NxP kétirányú adatközlés a K-kezelések átlagában történt, érdemi K-hatások ill. NxK vagy PxK kölcsönhatások nem alakultak ki. Extrémebb különbségek jöttek létre viszont az abszolút kontroll, tehát az N₀P₀K₀ kezelés, az egyoldalú N-trágyázás (N₁P₀K₀), illetve az emelkedő N₂P₂K₂ és N₃P₃K₃ kezelések között. Erről nyújt áttekintést a 8. táblázat.

Látható, hogy a bőségesebb és arányos NPK kezelésekben az anyaszéna tömege kétszerese a sarjúszenának. A széna N %-a is emelkedik, de a két kaszálás N-tartalma nem tér el érdemben. Mivel az

abszolút kontroll szénatermése 3 t/ha-ról 13 t/ha-ra, a két kaszálás átlagában több mint 4-szeresére emelkedik és az átlagos N % is megkétszereződik, a N felvétele csaknem egy nagyságrenddel ugrik meg. Megemlítjük, hogy a gyepek légszárászanyag-tartalmát a növekvő N-trágyázás az 1. kaszálásnál 33%-ról 31%-ra, míg a 2. kaszálásnál 27%-ról 21%-ra igazolhatóan mérsékelte.

Kísérletünk 25. és 26. évében olaszperjével végeztünk vizsgálatokat. Érdemi K-hatásokat nem kaptunk, P-hatások az 1. évben voltak igazolhatók a talajon. A 2. évben csak a N-hatások domináltak, a talaj N-szolgáltatása drasztikusan lecsökkent. Az 1. évben az NP-trágyázással a kontrollon termelt 3,8 t/ha széna 7,0 t/ha-ra, a 2. évben a 2,6 t/ha kontroll termése 12,0 t/ha-ra ugrott az optimális 200 kg/ha/év N-adaggal. Fajlagos hatékonyság tekintetében a 100 kg/ha/év N-adag volt a leginkább gazdaságos: az 1. évben minden kg N-re 110 kg zöld, ill. 13 kg széna, a 2. évben 220 kg zöld, ill. 74 kg széna többletermés jutott (Kádár és Schill, 2004). A széna kielégítő N-ellátottságát virágzás idején az 1. évben a 2,5% feletti, a 2. évben az 1,0-1,5% feletti N-tartalom jelezte. A 200 kg/ha/év N-adag alkalmazásakor a NO₃-N koncentrációja már a 0,25% megengedett határt túllépte (Kádár, 2004).

A N-trágyázás hatékonyságát elemezve a gyepek kísérletben a 8. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a P-ral és K-mal is kielégítően ellátott talajon a 100 kg/ha/év adag (N₁P₁K₁ kezelés) adta az 1 kg N-re jutó maximális szénatöbbletet: az 1. kaszálás 61 kg, a 2. kaszálás 14 kg, azaz összesen 75 kg szénát/kg N-re. Megfelelő hatékonyságú volt a 200 kg/ha/év N-adag 43 kg, sőt a 300 kg/ha/év N-adag is 34 kg szénatöbblettel/kg N-re. A 300 kg/ha/év adagnál azonban a széna NO₃-N tartalma a megengedettet túllépte, az anyaszénában 0,34%-ot ért el. A kontroll talajon ez az érték 0,06, a 100 kg/ha/év adagnál 0,10, a 200 kg/ha/év N-adagnál 0,22% volt. A 2. kaszálásnál a NO₃-N mennyisége mintegy a felére csökkent az egyes kezelésekből.

A különbség módszerrel számított N-hasznosulás %-a a PK-val kielégítően ellátott kezelésekből meghaladta a 100%-ot. Whitehead (1970) szerint a N hasznosulása általában 50-70%, de 100% felett is lehet és 300 kg/ha/év adagig érdemben nem csökken. A 100% feletti hasznosulás oka, hogy a N-műtrágya hatására gyorsul a mineralizáció, az elhalt gyökerek/szervesanyag bomlása, javulhat a talaj ásványi részeinek feltáródása, nő a termés, az elemek felvétele és növénybeni transzportja. Esetünkben a talaj NO₃-N-ben gazdagodott a telepítést megelőzően a túltrágyázás nyomán, így a luxusfelvétel kifejezetté válhatott. Amennyiben a gyökértömegbe épült N mennyiségére gondolunk, a N látszólagos hasznosulása akár a 200%-ot is elérhette.

Különböző NPK ellátottsági szintek hatása a gyep kaszálásonkénti szénatermésére és N-felvételére 2001-ben
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Kaszálás ideje év/hó/nap(1)	NPK-ellátottsági szintek, ill. kombinációik(2)					SzD _{5%} (3)
	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁ P ₀ K ₀	N ₁ P ₁ K ₁	N ₂ P ₂ K ₂	N ₃ P ₃ K ₃	
Légszáraz széna, t/ha(4)						
2001.05.23.(11)	1,7	3,5	7,8	7,9	8,8	2,0
2001.10.09.(12)	1,2	2,0	2,6	3,7	4,2	0,8
Együtt(13)	3,0	5,5	10,4	11,6	13,0	2,4
N % (5)						
2001.05.23.(11)	1,34	1,74	1,96	2,34	3,02	0,64
2001.10.09.(12)	1,47	2,08	2,35	2,24	2,94	0,62
Együtt(13)	1,40	1,91	2,16	2,29	2,98	0,60
N kg/ha(6)						
2001.05.23.(11)	23	61	153	184	265	64
2001.10.09.(12)	18	42	61	83	123	28
Együtt(13)	41	103	214	67	388	68
Terméstöbblet, légszáraz széna, t/ha(7)						
2001.05.23.(11)	-	1,8	6,1	6,2	7,1	2,0
2001.10.09.(12)	-	0,8	1,4	2,5	3,0	0,8
Együtt(13)	-	2,6	7,5	8,7	10,1	2,4
1 kg N-re jutó szénatöbblet, kg(8)						
2001.05.23.(11)	-	18	61	31	24	20
2001.10.09.(12)	-	8	14	12	10	8
Együtt(13)	-	26	75	43	34	24
Felvett N-többlet, kg/ha(9)						
2001.05.23.(11)	-	38	130	161	242	64
2001.10.09.(12)	-	24	43	65	105	28
Együtt(13)	-	62	173	226	347	68
N hasznosulási %-a(10)						
2001.05.23.(11)	-	38	130	80	81	40
2001.10.09.(12)	-	24	43	33	35	6
Együtt(13)	-	62	173	113	116	48

Table 8: Effect of different NPK supply levels on the hay yield and N-uptake of grass by cuts in 2001. (Calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Date of harvest yr/month/day(1), NPK supply levels or combinations(2), LSD_{5%}(3), air-dried hay t/ha(4), N% in hay(5), N-uptake kg/ha(6), surplus hay t/ha(7), surplus hay kg/kg N(8), surplus N-uptake kg/ha(9), applied N recovered in %(10), 1st cut on May 23rd 2001(11), 2nd cut on October 9th 2004(12), together(13)

IRODALOM

- Barcsák Z. (1999): A gyepék tápanyagellátása. In: TápanyaggaZdálkodás. 522-535. Szerk.: Füleky Gy. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Barcsák Z. (2004): BiogyepgaZdálkodás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Baskay T.B. (1962): Legelő- és rétművelés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bánszky T. (1988): NPK műtrágya mennyiségi és aránykísérlet intenzív telepített gyepen. Növénytermelés. 37. 3. 247-257.
- Bánszky T. (1997): Telepített gyep NPK műtrágyázása csernozjom talajon. Növénytermelés. 46. 5. 499-508.
- Bíró J. (1928): A legelőgazda könyve. Földművelésügyi Minisztérium. Budapest.
- Burg, P.F.J. van (1966): Nitrate as an indicator of the nitrogen-nutrition status of grass. Proc. 10th Int. Grassland Congr. 267-272. Helsinki.
- 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.
- 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. 25:12-25.
- Gruber F. (1960): Rét és legelő. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Gyarmathy Gy.-Parászka L. (1978): Gyepék tápelemgaZdálkodása különböző termőhelyi viszonyok között. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Gyarmathy Gy. (1980): A gyepnövények műtrágyázási irányelvei. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Harmati I. (1981): A Duna-Tisza közti sós, lúgos szikések hasznosítása és javítása gyepgaZdálkodással. Agrokémia és Talajtan. 30. 186-199.

- Harmati I. (1997): Intenzív telepített gyepek létesítése és műtrágyázása karbonátos szoloncsák-szolonycék szikesen. *Növénytermelés*. 46. 2. 191-202.
- Kádár I. (1992): A növénytaplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Kádár I.-Németh T. (1993): Nitrát bemosódásának vizsgálata műtrágyázási kísérletben. *Növénytermelés*. 42. 331-338.
- Kádár I.-Schill J. (2004): Az olaszperje (*Lolium multiflorum* Lam.) műtrágyázása csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 53. (In print)
- Kádár I. (2004): Az olaszperje (*Lolium multiflorum* Lam.) tápelemfelvételének vizsgálata műtrágyázási tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 53. (In print)
- Káta J.-Veres E. (2003): Gyepek talajának és rizoplánjának összehasonlítása. *Gyepgazd. Közlemények*. 1. 13-17.
- 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. (1965): Die Düngung der Wiesen und Weiden. In: *Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung*. III. Band. 764-795. Ed.: Linser H. Springer Verlag. Wien-New York.
- Klapp, E. (1971): *Wiesen und Weiden*. P. Parey. 4. Auflage. Berlin.
- 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.
- 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.
- NAAS (1967): Fertilizer recommendation for agricultural and horticultural crops. National Agricultural Advisory Service. *Advis. Pap. N.4. Minist. Agric., Fish. Fd.*
- Németh T.-Kádár I. (1999): Nitrát bemosódásának vizsgálata és a N-mérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 48. 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.
- Richardson, H.L. (1938): The nitrogen cycle in Grassland with special reference to the Rothamsted Park grass Experiment. *J. Agric. Sci. Camb.* 28. 73-121.
- Romasev, P.I. (1960): Luga i pasztviscsa. In: *Szpravocnyik po mineral'nüm udobrenijam*. 331-336. Szerk.: Katalümov, M.V. Gosz. Izd. Sz/h. Literaturü. Moszkva.
- Schlechtner, G. (1972): *Das 1x1 der Grünlandwirtschaft*. Beratungsschrift N. 31. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Wien. Austria.
- Szabó J. (1977): *Gyepgazdálkodás*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Thamm Fné (1990): Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan*. 39. 191-206.
- Vinczeffy I. (1964): A természetes gyepek értéknövelésének lehetőségei. *Magyar Mezőgazdaság*. 19. 8. 9-10.
- Vinczeffy I. (1998): Lehetőségeink a legeltetési állattartásban. *Tanulmány*. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok 16. DATE. Debrecen.
- Voisin, A. (1961): *Lebendige Grasnarbe*. BLV Verlagsgesellschaft. München.
- Voisin, A. (1964): A talaj és a növényzet, az állat és az ember sorsa. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest.
- Voisin, A. (1965): *Fertilizer application*. Soil, plant, animal. Crosby Lockwood. London.
- Wagner, P. (1909): *Versuche über Wiesendüngung*. Arbeiten der DLG. N. 162. Berlin.
- Wagner, P. (1921): *Die Düngung der Wiesen nach den Ergebnissen von 4-14. jährigen Versuchen*. Arbeiten der DLG. N.318. Berlin.
- Whitehead, D.C. (1970): The role of nitrogen in grassland productivity. *Bulletin N.48*. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Hurley, Berkshire.