

Műtrágyázás hatása a telepített gyep ásványi elemfelvételére 4.

Kádár Imre

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

ÖSSZEFOGLALÁS

Egy műtrágyázási tartamkísérlet 28. évében, 2001-ben vizsgáltuk az eltérő N, P, K ellátottsági szintek és kombinációik hatását a réti csenkesz (*Festuca pratensis*) vezérnövényű, nyolckomponensű pillangós nélküli gyepkeverék ásványi elemfelvételére. A termőhely talaja a szántott rétegben mintegy 3% humuszt, 3-5% CaCO₃-ot és 20-22% agyagot tartalmazott, N és K elemekben közepesen, P és Zn elemekben gyengén ellátottnak minősült. A kísérlet 4N x 4P x 4K = 64 kezelést x 2 ismétlést = 128 parcellát foglalt magában. A talajvíz 13-15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. A vizsgált 2001. évben kielégítő, 621 mm csapadék hullott és annak eloszlása is kedvező volt. A kísérlet módszerét, körülményeit, valamint a műtrágyázás termésre és a széna összetételére gyakorolt hatását előző közleményeink taglalták (Kádár, 2005, 2005a; Kádár és Györi, 2005). Főbb következtetések:

1. Az NxP pozitív kölcsönhatások eredményeképpen és a K-kezelések átlagában az egyes elemek felvétele az 1. kaszáláskor alábbi intervallumban ingadozott az N₀P₀ kontroll és a maximális N₃P₃ kínálat között: K 62-190, N 45-218, Ca 16-51, S 5-24, P 4-24, Mg 4-16, Na 0,5-5,0 kg/ha; Mn 282-968, Sr 35-170, Zn 32-73, Ba 29-55, B 18-44, Cu 8-40 g/ha. Hasonlóképpen a KxP pozitív kölcsönhatások nyomán a Ba 23-62, Ni 1,5-8,9 g/ha tartományban változott. A KxP negatív kölcsönhatások viszont K₀P₀ kontrollon mért 1,6 g/ha Mo felvételt 0,4 g/ha-ra mérsékeltek.
2. A 2001. október 9-én történt 2. kaszálás idején a N-hatások érvényesültek: szénahozam a kontrollon mért 1,0 t/ha-ról 3,9 t/ha-ra nőtt. Ugyanitt a Fe, Ba és Mo felvétele kétszeresére; a Ca, S, P, Sr, Zn és Co felvétele 3-4-szeresére; a K, N, Mg, Mn, Ba, Cu és Ni felvétele 5-6-szorosára, míg a Na felvétele 33-szorosára nőtt a maximális N-kínálattal, a kontrollhoz viszonyítva a PK kezelések átlagában.
3. A két kaszálás összegeit tekintve a szénahozam a 28 éve trágyázatlan talajon 3 t/ha, míg a maximális N₃P₃K₃ kezelésben 13 t/ha volt. Ugyanitt a felvett Fe, Cr, B, Ni, Mo és Co 2-3-szorosára; a Ca, Mg, Mn, K, Zn, Ba és Cu 5-6-szorosára; a S, Sr és P 7-8-szorosára; a N 10-szeresére, míg a Na 16-szorosára emelkedett. A kivont K és N maximális tömege elérte a 388 kg/ha, Ca 80 kg/ha, S 49 kg/ha, P 42 kg/ha (96 kg/ha P₂O₅), Mg 24 kg/ha mennyiséget.
4. Az 1 t széna képzéséhez szükséges átlagos fajlagos elemigény kísérleti viszonyaink között az alábbiak adódtak: 25 kg K (30 kg K₂O), 20 kg N, 6 kg Ca (8-9 kg CaO), 2-3 kg S, 2 kg P (5 kg P₂O₅), 2 kg Mg (3-4 kg MgO). Mikroelemek fajlagos tartalma: 300 g Na, 200 g Fe, 120 g Mn, 100 g Al, 16 g Sr, 13 g Zn, 8 g Ba, 5 g B és Cu, 1-2 g Ni, 1 g Mo, 0,2 g Cr, 0,1 g Co. As, Hg, Cd, Pb és Se általában 1 g kimutatási határ alatt maradt.

Kulcsszavak: telepített gyep, NPK műtrágyázás, növényi felvétel

SUMMARY

The effects of different N, P and K supply levels and their combinations were examined on the mineral element uptake of an established all-grass sward with seed mixture of eight grass species in the 28th year of a long term fertilization field experiment set up on a calcareous chernozem loamy soil. The lay-out and method of the trial as well as the fertilizer responses on the hay yield, nutritional values and element content were published elsewhere (Kádár, 2005, 2005a; Kádár és Györi, 2005). The soil of the growing site contained around 3% humus, 5% CaCO₃, 20-22% clay in the ploughed layer and was originally, moderately well supplied with available K, Mg, Mn and Cu and poorly supplied with P and Zn. The trial included 4N:4P:4K=64 treatments in 2 replications, giving a total of 128 plots. The fertilizers applied were Ca-ammonium nitrate, superphosphate and potassium chloride. The groundwater table was at a depth of 13-15 m, the area was prone to drought. In 2001, however, the area had 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:

5. As a function of NxP positive interactions the element uptake of the 1st cut hay expressed as mean of K treatments increased between the N₀P₀ control and the maximum N₃P₃ levels as follows: K 62-190, N 45-218, Ca 16-51, S 5-24, P 4-24, Mg 4-16, Na 0.5-5.0 kg/ha; Mn 282-968, Sr 35-170, Zn 32-73, Ba 29-55, B 18-44, Cu 8-40 g/ha. The uptake of Ba increased from 23 to 62 g/ha, that of Ni from 1.5 to 8.9 g/ha as a result of KxP positive interactions. Uptake of Mo measure on K₀P₀ soil, however, dropped from 1.6 g/ha to 0.4 g/ha on the K₃P₃ soil as a function of negative KxP interactions.
6. The 2nd cut hay harvested on 9th October 2001 showed only N-effects. The hay yield measured on N-control soil was 1.0 t/ha while on 300 kg/ha/yr N-treatment 3.9 t/ha. The uptake of Fe, Ba and Mo increased 2-fold; uptake of Ca, S, P, Sr, Zn and Co 3-4-fold, uptake of K, N, Mg, Mn, Ba and Cu 5-6-fold, while uptake of Na 33-fold with the maximum N-rate, compared to the N-control and as means of PK treatments.
7. The 2 cuts together gave on the unfertilised control 3 t/ha, while on the N₃P₃K₃ maximum supply level 13 t/ha hay yield. The uptake of Fe, Cr, B, Ni, Mo and Co increased 2-3 times, uptake of Ca, Mg, Mn, K, Zn, Ba and Cu 5-6 times, uptake of S, Sr and P 7-8 times, uptake of N 10 times, while uptake of Na 16 times on the maximum N₃P₃K₃ supply levels, compared to the unfertilised control. The maximal mass of uptaken K and N made up 388 kg/ha, Ca 80 kg/ha, S 49 kg/ha, P 42 kg/ha (96 kg/ha P₂O₅), Mg 24 kg/ha in 2001.
8. To have 1 t of air-dry hay it was used by grasses as a mean of 25 kg K (30 kg K₂O), 20 kg N, 6 kg Ca (8-9 kg CaO), 2-3 kg S, 2 kg P (5 kg P₂O₅) and 2 kg Mg (3-4 kg MgO). For microelements: 300 g Na, 200 g Fe, 120 g Mn, 100 g Al, 16 g

Sr, 13 g Zn, 8 g Ba, 5 g B, 5 g Cu, 1-2 g Ni, 1 g Mo, 0.2 g Cr and 0.1 g Co. The As, Hg Cd, Pb and Se were under detection limit of 1 g. Data may serve for assessing the nutrient demand of all-grass sward.

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

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Ismeretes, hogy a termésbe épült ásványi elemek mennyiségi viszonyai tájékoztathatnak a növény tápelemigényéről, és így a talaj tápelemekben való elszegényedéséről is, amennyiben a termés elkerül a tábláról. Történetileg szemlélve először a nagy francia/svájci botanikus Saussure (1804) kísérte meg 200 évvel ezelőtt a növények tápelemigényét azok kémiai elemzésével megítélni. Később Liebig (1840-1876) és Wolff (1872) munkái nyomán a termékkel felvett és elvitt elemek mennyiségét vették alapul, hogy ne vakon trágyázzanak.

Wolff (1872) összegyűjtve az akkor elérhető és publikált hamuelemzések adatait arra is felhívta a figyelmet, hogy Liebig felvetésével ellentétben a hamuösszetétel közvetlenül nem alkalmas a trágyaigény megállapítására. A tápelemigényt homok és vízkultúrában kezdték ellenőrizni az 1850-es, 1860-as éveket követően a Sachs (1873, 1887) által kidolgozott tápoldatos módszerrel. Közben a liziméteres módszert bevezetve Fraas (1870) nagyszámú vizsgálattal igazolta, hogy a gyökér strukturálisan fajoként eltér és aktív elemfelvétellel képes. A növények fejlődése nem arányos a talajban levő vagy trágyában adott felvehető elemek mennyiségével, ahogy Liebig feltételezte.

A tápelemigény és a trágyaigény fogalma tehát elválik egymástól. Vannak sekélyen gyökerező, gyenge elemfelvétellel rendelkező fajok, melyek bőséges felvehető készletet igényelnek a feltalajban. Mások jól hasznosítják a talaj szerves anyagait (humusznövények), esetleg a nyers törmelékeket (kötörök), hangsúlyozták Liebig ellenfelei. A trágyaigényt belső tényezők, mint a fajoként eltérő gyökér-abszorpciós aktivitás, kiterjedés, mélyrehatolás, stb., valamint külső tényezők, mint a talaj tápelemellátottsága, elővetemény, időjárás, stb. módosíthatják. Kielégítően ellátott talajokon azonban megelégszünk a tápelemek többé-kevésbé egyszerű pótlásával fenntartó, talajtermékenységet megőrző trágyázást folytatva (Kádár, 1992; Sarkadi, 1975; Csathó, 1997; Németh, 1996).

A talaj-növény rendszer elemforgalmának vizsgálatában, a talajtermékenység megőrzése terén a termékkel felvett elemek ismerete alapvető mind a kutatás, mind az agrokémiai/növénytaplálási szaktanácsadás számára. Az ilyen irányú növényelemzés kiterjedten folyik mind több elemre és növényfajra kiterjesztve itthon és külföldön egyaránt. A kapott adatok alapján elemmérlegek állíthatók fel, melyek alappillért képezik az okszerű szaktanácsadásnak és környezetvédelmi kutatásoknak.

A mérlegek felállíthatók tábla, üzem, régi vagy országos szinten, amennyiben a bevétel és kiadás tényezőit megbecsüljük (Kádár, 1979, 1992, 1997).

A gyepek trágyázásával foglalkozó hazai irodalom gazdag. Régebbi és újabb közlemények sora taglalja a trágyázás hatását a gyepek fejlődésére, az egyes tápelemek által elérhető terméstoppletekre, a takarmányérték jellemzőire, ásványi és botanikai összetétel változására. Esetenként az 1 t széna képződéséhez szükséges fajlagos elemtartalmak bemutatására is sor kerül.

Elmarad viszont általában az elemfelvétel mennyiségi viszonyainak átfogó jellemzése, különösen ami a főbb tápelemek közötti kölcsönhatások szerepét illeti (Balázs, 1961; Barcsák, 1999, 2004; Bánszki, 1988, 1997; Bíró, 1928; Dresdner, 1927; Győri és Alapi, 2003; Harmati, 1981, 1997; Horváth és Prohászka, 1976, 1979; Károly, 1899; Szabó, 1977; Tasi és Barcsák, 2001; Tölgyesi, 1969; Vinczeffly, 1966; stb.).

Külföldi példát említve jó képet nyújthat a talaj-növény makroelem forgalmáról Dow és mtsai (1980) által Washington államban végzett szabadföldi N-trágyázási kísérlet. Az öntözött viszonyok között kétféle nádképző csenkesszel és csomós ebírral telepített gyepek 78-1075 kg/ha/év N-trágyázásban részesült 4-szeri megosztással az 1974-1976. években. Az 540 kg/ha N-kezelésben 1976-ban 18-19 t/ha földfeletti szárazanyag képződött a virágzások betakarított szénatermésével. A szénába épült makroelemek mennyisége az alábbiak adódott: N 450-520 kg/ha, P 49-64 kg/ha (112-147 kg/ha P₂O₅), K 360-380 kg/ha (430-460 kg/ha K₂O), Ca 83-100 kg/ha, Mg 52-56 kg/ha.

Az említett szerzők szerint a felvett (a szénába épült) és az adott N %-os aránya, vagyis az ún. látszólagos hasznosulás a legkisebb N-adagnál 100% körülínek, míg a maximális adagnál 60% körülínek adódott 1976-ban. Az extrém N túlsúllyal előálló kicsi N-hasznosulás részben a talajbani immobilizációra (a gyökérbeni akkumuláció, ill. a talaj szerves anyagába épülés), kilúgzásra és az esetleges denitrifikációra volt visszavezethető a szerzők feltételezése szerint. Döntő tényezőnek a szervesanyagot tekintették mint N-fogyasztót, mely a talaj humuszanyagain és a nagytömegű gyökérszöveten kívül a felszínre hulló avaranyagot és mikrobiális immobilizációt is magában foglalja (Dow et al., 1980).

A továbbiakban megkíséreljük bemutatni, hogyan befolyásolja a talaj eltérő N, P és K kínálata a növény, a gypszéna makro- és mikroelemeinek felvételét. Milyen mértékben szegényedhet el a talaj trágyázás nélkül az egyes elemekben a gyepegzálkodás során az egyes kaszálásokkal. A kísérlet módszerét, valamint a műtrágyázás termésre és N-felvétele gyakorolt hatását első közleményünk foglalta össze (Kádár, 2005). A gypszéna takarmányértékének változásait második közleményünk tekintette át (Kádár és Győri, 2005). A széna ásványi elemkészletének alakulásáról legutóbbi munkánk adott számot (Kádár, 2005a).

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 pétiós 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 x 4P = 16 x 4K = 64 kezelés x 2 ismétlés = 128 parcellában. A parcellák mérete 6x6=36 m², elrendezésük kevert faktoriális. A kísérleti terv ill. az alkalmazott műtrágyázás lehetővé tette, hogy valamennyi olyan tápláltsági állapotot (gyenge, közepes, kielégítő, túlzott) és azok változatait létrehozzuk, amelyek a gyakorlatban is előfordulnak, vagy táblaszinten a jövőben előfordulhatnak.

A vezérnövény virágzása előtti stádiumban, 2001-ben és 2002-ben 2-2 kaszálást végeztünk, míg a szárazabb 2003. évben csak egy kaszálásra került sor. A parcellák szegélyétől 1,4 m-eket jobbról és balról hagyva 3,2x6=19,2 m² nettó parcellák területét értékeltük az eke általi talajáthordás hatásának kizárása céljából. Laboratóriumi vizsgálatokra parcellánként 20 helyről a fűkasza után, átlagmintákat vettünk. Mintáknak mértük a friss és légszáraz tömegét 50 °C-on történt szárítást követően, majd finomra őröltük és 23-25 elemre vizsgáltuk cc.HNO₃+cc.H₂O₂ roncsolás után, ICP technikát alkalmazva. A N-tartalmat hagyományos cc.H₂SO₄+cc.H₂O₂ feltárásból határoztuk meg. A NO₃-N készletét 1:800 arányú desztillált vizes kivonatból mértük Thammné (1990) által ajánlott módszerrel.

Kaszálásonként és parcellánként bonitáltuk a növényállomány fejlettségét, boritottságát, magasságát. Az egyes komponensek változását dr. Szemán László (SZIE Gödöllő), a gyomosodást dr. Radics László (KÉE, Budapest), a minőségi vizsgálatokat dr. Györi Zoltán (DE, Debrecen) végezte. A telepítés előtt talajmintákat vettünk a szántott rétegből parcellánként 20-20 pontminta/lefűrés egyesítésével. A mintákban meghatároztuk a NH₄-acetát+EDTA-oldható makro- és mikroelemeket Lakanen és Erviö (1971) szerint, valamint az NH₄-laktát-oldható PK tartalmat Egnér et al. (1960) szerint.

Az NxPxK másodrendű kölcsönhatások a kísérletben általában nem voltak igazolhatók, így ismétlésül szolgálhattak. A kéttényezős 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 elsődrendű kölcsönhatások sem érdemlegesek, csak a főhatásokat (N, P, K) közöljük 32-32 ismétlés átlagában. A kétirányú vagy kéttényezős eredménytáblázatokban az SzD_{5%} értékek a sorokra és az oszlopokra azonosak, így azokat csak egyszer tüntetjük fel.

EREDMÉNYEK

Növényvizsgálataink 24 elemre terjedtek ki egyaránt érintve az ismertebb és fontosabb esszenciális makro- és mikroelemeket, valamint a környezeti szempontból mérvado nehézfémeket is. A 2001. évi anyaszéna elemfelvételét a N-ellátottsági szintek függvényében tekinti át az 1. táblázat. N-trágyázás a széna termését átlagosan 30%-kal növelte és érvényesült „hajtó” hatása, a Mo kivételével minden vizsgált elem koncentrációját emelte. Mindez tükröződik az egyes elemek növénybeni akkumulációjában is. Adatokat a két nem vizsgált tényező, a PK kezelése átlagaiban tüntettünk fel, tehát 32-32 parcella átlagait reprezentálják.

1. táblázat

N-ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére 2001. 05. 23-án

(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mértékegység(2)	N-trágyázás, N kg/ha/év(3)				SzD _{5%}	Átlag(4)
		0	100	200	300		
K	kg/ha	91	162	152	162	18	142
N	kg/ha	52	126	140	164	12	121
Ca	kg/ha	23	38	39	43	4	36
S	kg/ha	7	17	18	19	2	15
P	kg/ha	8	16	15	16	2	14
Mg	kg/ha	6	12	12	13	2	11
Na	kg/ha	0,5	3,4	4,1	3,8	0,5	2,9
Fe	g/ha	594	844	858	879	147	794
Mn	g/ha	400	725	773	815	70	678
Al	g/ha	443	560	460	494	120	489
Sr	g/ha	66	111	107	119	12	101
Zn	g/ha	43	64	64	64	7	59
Ba	g/ha	36	55	50	49	6	48
B	g/ha	21	36	35	37	4	32
Cu	g/ha	10	26	30	32	3	24
Ni	g/ha	4,1	7,0	7,5	7,8	1,2	6,6
Mo	g/ha	1,0	1,2	1,0	1,0	0,2	1,0
Cr	g/ha	0,7	1,0	1,0	1,0	0,2	0,9
Co	g/ha	0,2	0,4	0,4	0,5	0,1	0,4

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában 1 g/ha alatt maradt. Adatok a PK kezelése átlagai(5)

Table 1: Effect of N treatments on the element uptake of hay on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsök, Mezőföld region)

Measured elements(1), measuring units(2), N-fertilization, N kg/ha/yr(3), mean (4), note: As, Hg, Cd, Pb and Se usually under 1 g/ha; data given as means of PK treatments(5)

A vizsgált 24 elemből 5 elem a kimutatási határ alatt maradt, így a növénybe épült mennyiségük nem érte el az 1 g/ha értéket: As, Hg, Cd, Pb, Se. A táblázatban feltüntetett elemek csökkenő sort adnak átlagos mennyiségük alapján. Maximális felvétellel a K jellemezhető, ezt követi a N, Ca, S, P és Mg a makroelemek tekintetében. Ami a N-trágyázás hatását illeti megállapítható, hogy igazolhatóan nem módosult az Al és a Mo; mérsékelten nőtt a K, Fe, Zn, Ba, B és Cr; átlagosan 2-3-szorosára emelkedett a N, Ca, S, P, Mg, Mn, Sr, Cu, Ni és Co; valamint 7-8-szorosára ugrott a talajból kivont Na mennyisége a maximális N-kínálattal, az N_0 kontrollhoz viszonyítva (1. táblázat).

Az 1. kaszálás idején az átlagos P-hatások kifejezettebbek voltak, a szénatermést a P-kontrollhoz viszonyítva 56%-kal növelték. Emellett a legtöbb esetben segítették az elemek beépülését is a növényi szövetekben. Gátló hatás nyilvánult meg a Fe, Al, Mo, Co tekintetében a P-antagonizmus nyomán, melyre előző közleményünkben tértünk ki részletesen (Kádár, 2005a). A P-ellátottsági szintek hatását a gyepszéna elemfelvételére a 2. táblázatban tanulmányozhatjuk.

2. táblázat

P-ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére
2001. 05. 23-án

(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mértékegység(2)	Ammóniumlaktát (AL)-oldható P_2O_5 mg/kg(3)				SzD _{5%}	Átlag(4)
		66	153	333	542		
K	kg/ha	87	156	163	161	18	142
N	kg/ha	73	126	133	150	12	121
Ca	kg/ha	21	39	42	41	4	36
S	kg/ha	7	17	19	19	2	15
P	kg/ha	5	14	18	19	2	14
Mg	kg/ha	6	12	12	12	2	11
Na	kg/ha	1,2	3,2	3,6	3,7	0,5	2,9
Mn	g/ha	377	767	801	768	70	678
Sr	g/ha	43	98	123	138	12	101
Zn	g/ha	43	60	64	68	7	59
Ba	g/ha	31	54	54	52	6	48
B	g/ha	20	35	38	36	4	32
Cu	g/ha	14	27	28	29	3	24
Ni	g/ha	3,2	7,1	7,9	8,3	1,2	6,6
Mo	g/ha	1,3	1,1	0,9	0,9	0,2	1,0
Cr	g/ha	0,8	0,9	1,0	1,0	0,2	0,9
Co	g/ha	0,3	0,5	0,5	0,4	0,1	0,4

Megjegyzés: Adatok az NK kezelések átlagai(5)

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

Measured elements(1), measuring units(2), Ammoniumlactate (AL)-soluble P_2O_5 , mg/kg in the plow-layer(3), mean(4), note: data given as means of NK-treatments(5)

Látható, hogy a P-kontrollhoz viszonyítva csupán a Mo felvétele jelez igazolható visszaesést. A Fe és Al esetén nem volt érdemi módosulás a felvételen, ezért a táblázatban nem is szerepelnek. A P-trágyázás terménynövelő, valamint a Fe és Al koncentrációját

csökkentő hatásai gyakorlatilag kiegyenlítették egymást a felvétel során.

A Co esetében kezdetben nő a felvétel a javuló P-kínálattal, majd extrém P-túlsúly nyomán visszaesik. Ami az egyéb elemeket illeti megállapítható, hogy mérsékelten emelkedik a Zn, Ba, B, Cr és Co; közelítően vagy átlagosan nőtt a K, N, Ca, S, Mg, Na, Mn, Sr, Cu és Ni, valamint csaknem megnégyszereződik a P felvétele. Utóbbi esetben összegződik a P által indukált terménynövekedés és a széna P koncentrációjának emelkedése a növekvő P-kínálattal.

A 3. táblázatban az NxP ellátottsági szintek közötti kölcsönhatások tanulmányozhatók az anyaszéna makroelemeinek akkumulációjára.

3. táblázat

NxP ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére
2001. 05. 23-án

(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

AL- P_2O_5 mg/kg(1)	N-trágyázás, N kg/ha/év(2)				SzD _{5%}	Átlag(3)
	0	100	200	300		
K, kg/ha						
66	62	88	83	116	36	87
153	102	178	179	164		156
333	109	190	171	181		163
542	90	190	176	190		161
Ca, kg/ha						
66	16	21	20	27	8	21
153	26	44	44	43		39
333	28	44	44	50		42
542	22	44	47	51		41
S, kg/ha						
66	5	7	7	8	4	7
153	8	19	21	19		17
333	9	22	22	23		19
542	7	21	23	24		19
P, kg/ha						
66	4	5	4	6	4	5
153	9	16	16	15		14
333	10	20	19	20		18
542	9	22	22	24		19
Mg, kg/ha						
66	4	6	5	7	4	6
153	6	13	14	13		12
333	7	14	14	15		12
542	5	14	15	16		12
Na, kg/ha						
66	0,5	1,5	1,2	1,6	1,0	1,2
153	0,5	3,6	4,8	3,8		3,2
333	0,5	4,2	5,0	4,6		3,6
542	0,4	4,3	5,2	5,0		3,7

Megjegyzés: adatok a K kezelések átlagai(4)

Table 3: Effect of NxP supply levels on selected element uptake of hay on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

N fertilization, N kg/ha/yr(1), Ammoniumlactate (AL) soluble P_2O_5 in the plow layer(2), mean(3), note: data given as means of K treatments(4)

Mind a N, mind a P pozitív hatást gyakorolt az egyes elemek felvételére. Ebből adódik, hogy a K 62-

190, N 45-218, Ca 16-51, S 5-24, P 4-24, Mg 4-16, Na 0,5-5,0 kg/ha széles intervallumban ingadozik az NxP szintek függvényében. A K és Ca átlagosan és közelítően 3-szorosára, Mg 4-szeresére, a N és S 5-szörösére, a P 6-szorosára, míg a Na 10-szeresére nő a N-nel és P-ral egyaránt bőségesen ellátott kezelésben. A N-felvétel részletes adatait korábban már bemutattuk (Kádár, 2005a).

Hasonló változásokat okozott az NxP táplálás a Na, Mn, Sr, Zn és Ba mikroelemek felvételében is. A 4. táblázatban közölt eredmények szerint a Mn 282-968 g/ha, Sr 35-170 g/ha, Zn 32-73 g/ha, Ba 29-55 g/ha, B 18-44 g/ha és a Cu 8-40 g/ha szórással volt jellemezhető az NxP ellátottság függvényében.

4. táblázat

NxP ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére
2001. 05. 23-án

(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

AL-P ₂ O ₅ mg/kg(1)	N-trágyázás, N kg/ha/év(2)				SzD _{5%}	Átlag(3)
	0	100	200	300		
Mn g/ha						
66	282	377	356	492	140	400
153	468	838	927	837		725
333	490	859	894	962		773
542	362	828	916	968		815
Sr g/ha						
66	35	41	39	56	24	43
153	67	111	112	105		98
333	84	135	127	145		123
542	76	158	151	170		138
Zn g/ha						
66	32	41	45	55	14	43
153	44	68	64	62		60
333	50	73	67	67		64
542	45	76	77	73		68
Ba g/ha						
66	29	31	27	36	12	31
153	41	66	59	49		54
333	40	63	55	58		54
542	34	60	60	55		52
B g/ha						
66	18	21	19	24	8	20
153	23	41	40	37		35
333	25	41	40	44		38
542	19	41	42	44		36
Cu g/ha						
66	8	14	15	18	6	14
153	11	30	34	34		27
333	10	30	34	38		28
542	10	28	38	40		29

Megjegyzés: adatok a K kezelések átlagai(4)

Table 4: Effect of NxP supply levels on selected element uptake of hay on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

N fertilization, N kg/ha/yr(1), Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ in the plow layer(2), mean(3), note: data given as means of K treatments(4)

Azaz 2-2,5-szeresére nőtt a Zn, Ba és B; közel 3,5-szeresére a Mn, 5-szörösére a Sr és Cu felvétele a szénatermással 2001. május 23-án. A 3. és 4., azaz az

NxP kétirányú táblázatokban közölt adatok a K kezelések átlagai, tehát 8-8 parcella összevont és átlagolt eredményeit tükrözik.

A K-trágyázás, a talaj növekvő K-kínálata a szénatermést mindössze 0,3-0,5 t/ha-ral növelte átlagosan ezen a K-mal közepesen ellátott vályogtalajon. Érdeemben és igazolhatóan serkentette viszont mintegy 30-50%-kal a K, N és Ba felvételét, ill. közel hasonló mértékben mérsékelte a Ni és a Mo beépülését az extrémebb K-ellátottságon. Megnyilvánult az ionantagonizmus kisebb mértékben a Ca, Mg és B elemek akkumulációjában is.

Ezek a változások mindkét növedék esetében jelentkeztek. Az 1. és az 1+2. kaszálás összegének felvételi eredményeit az 5. táblázat foglalja össze a PK kezelések átlagaiban.

5. táblázat

K-ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére
2001. évben

(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mérték- egység(2)	Ammóniumlaktát(AL)- oldható K ₂ O mg/kg(3)				SzD _{5%}	Átlag(4)
		135	193	279	390		
1. kaszálás(5)							
K	kg/ha	114	140	153	160	18	142
N	kg/ha	108	117	123	135	12	121
Ca	kg/ha	37	36	35	34	4	36
Mg	kg/ha	12	11	10	10	2	11
Ba	g/ha	38	42	53	58	6	48
B	g/ha	36	32	31	30	4	32
Ni	g/ha	7,7	6,7	7,5	4,6	1,2	6,6
Mo	g/ha	1,2	1,1	1,2	0,7	0,2	1,0
1+2. kaszálás együtt(6)							
K	kg/ha	182	218	234	245	22	220
N	kg/ha	170	182	186	216	15	189
Ca	kg/ha	58	55	53	52	5	54
Mg	kg/ha	20	18	17	17	2	18
Ba	g/ha	62	71	85	101	11	80
B	g/ha	50	45	43	42	5	45
Ni	g/ha	13,0	11,7	12,4	10,3	1,5	11,9
Mo	g/ha	3,9	3,5	3,6	3,1	0,5	3,5

Megjegyzés: adatok a NP-kezelések átlagai(7)

Table 5: Effect of K treatments on the element uptake of hay on October 9th, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Measured elements(1), measuring units(2), N-fertilization, N kg/ha/yr(3), mean(4), 1st cut(5), 1+2 cuts together(6), note: data given as means of NP treatments(7)

A 2. kaszálást adó sarjuszéna termését alapvetően a N-trágyázás növelte, csaknem 4-szeresére. A P és K hatásai elmaradtak.

A széna elemkoncentrációi szintén érdeemben változtak a N-kínálattal, így a sarjuszéna elemfelvétele kapcsán felvételi adatainkat a meghatározó N-ellátás függvényében szemléltetjük a 6. táblázatban.

Látható, hogy mérsékeltén nőtt az Al és Cr; átlagosan megkétszereződött a Fe, B és Mo; 3-4-szeresére emelkedett a Ca, S, P, Sr, Zn és Co; 5-6-

szorosára ugrott a K, N, Mg, Mn, Ba, Cu és Ni beépülése, míg a szénatermés Na készlete a N-kontroll talajon fejlődött gyepterzéshez képest 33-szoros tömeget mutatott. Utóbbi tény döntően arra vezethető vissza, hogy a N-trágyázással a Na koncentrációja is egy nagyságrenddel emelkedett (Kádár, 2005a).

6. táblázat
N-műtrágyázás hatása a gyepszéna elemfelvételére
2001. 10. 09-én
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mértékegység(2)	N-trágyázás, N kg/ha/év(3)				SzD _{5%}	Átlag(4)
		0	100	200	300		
K	kg/ha	23	62	106	120	8	78
N	kg/ha	18	50	96	107	7	68
Ca	kg/ha	8	16	25	27	2	19
S	kg/ha	4	8	15	17	2	11
P	kg/ha	3	7	11	12	1	8
Mg	kg/ha	2	6	10	12	1	7
Na	kg/ha	0,1	0,9	2,6	3,3	0,5	1,7
Fe	g/ha	439	523	772	942	132	669
Mn	g/ha	173	392	640	765	47	493
Al	g/ha	398	384	469	600	114	463
Sr	g/ha	26	54	85	94	8	64
Zn	g/ha	16	39	51	50	11	39
Ba	g/ha	10	29	42	47	10	32
B	g/ha	6	10	16	18	2	13
Cu	g/ha	4	11	21	24	2	15
Ni	g/ha	1,6	4,0	7,5	8,0	0,7	5,3
Mo	g/ha	1,6	2,4	2,8	3,2	0,4	2,5
Cr	g/ha	0,6	0,6	0,8	1,0	0,2	0,7
Co	g/ha	0,2	0,2	0,5	0,6	0,1	0,4

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában 1 g/ha alatt maradt. Adatok a PK kezelések átlagai(5)

Table 6: Effect of N treatments on the element uptake of hay on October 9th, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Measured elements(1), measuring units(2), N-fertilization, N kg/ha/yr(3), mean (4), note: As, Hg, Cd, Pb and Se usually under 1 g/ha; data given as means of PK treatments(5)

A 7. táblázatban a 2001. évben nyert 2 kaszálással kivont elemek mennyiségeit tanulmányozhatjuk a N-ellátottsági szintek függvényében.

A felvétel mérsékelt emelkedését jelzi a Fe, Al, Mo és Cr; átlagosan megkétszereződik a K, Ca, P, Mn, Sr, Zn, Ba, B és Co tömege; mintegy háromszorosodik a S, Cu és Ni; 4-szeresére nő a N; 5-szörösére a Mg és egy nagyságrenddel a Na felvett mennyisége. A vizsgált elemek tömege összesen a N-kontroll talajon 245 kg/ha, a 300 kg/ha/év kezelésben 725 kg/ha körülnek adódik. A N és a K felvétele meghaladja egyenként a 270 kg/ha-t a N-nel igen jól ellátott talajon. Valójában az elemforgalom még extrémebb különbségeket is mutathat, amennyiben az egyes elemek közötti kölcsönhatásokat is figyelembe vesszük.

7. táblázat
N-ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére
2001-ben. Két kaszálás összegei
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mértékegység(2)	N-trágyázás, N kg/ha/év(3)				SzD _{5%}	Átlag(4)
		0	100	200	300		
K	kg/ha	113	224	258	283	22	220
N	kg/ha	70	177	236	271	15	189
Ca	kg/ha	31	54	64	70	5	54
S	kg/ha	11	26	33	36	2	27
P	kg/ha	12	22	26	28	2	22
Mg	kg/ha	5	17	22	25	2	18
Na	kg/ha	0,6	4,3	6,7	7,0	0,7	4,7
Fe	kg/ha	1,0	1,4	1,6	1,8	0,3	1,5
Mn	kg/ha	0,6	1,1	1,4	1,6	0,2	1,2
Al	kg/ha	0,8	0,9	0,9	1,1	0,2	1,0
Sr	g/ha	91	164	192	212	16	165
Zn	g/ha	59	104	115	114	11	98
Ba	g/ha	46	84	92	96	11	80
B	g/ha	27	46	51	55	4	45
Cu	g/ha	14	37	51	56	3	40
Ni	g/ha	6	11	15	16	2	12
Mo	g/ha	2,6	3,5	3,8	4,2	0,5	3,5
Cr	g/ha	1,3	1,7	1,7	1,9	0,3	1,6
Co	g/ha	0,4	0,7	0,9	1,1	0,2	0,8

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában 1 g/ha alatt. Adatok az PK kezelések átlagai(5)

Table 7: Effect of N treatments on the element uptake of hay in 2001. Sums of two cuts. (Calcareous chernozem soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Measured elements(1), measuring units(2), N-fertilization, N kg/ha/yr(3), mean(4), note: As, Hg, Cd, Pb and Se usually under 1 g/ha; data given as means of PK treatments(5)

A 8. táblázatban néhány kiemelt kezelés eredményeit közöljük a 64 kezeléssel kísérletből összevonva a két kaszálás adatait (szénatermés, elemfelvételek):

1. Abszolút kontroll: 27 éve semminemű trágyázásban nem részesült (N₀P₀K₀)
2. Egyoldalúan csak mérsékelt N-trágyázásban részesült 100 kg/ha/év adagban (N₁P₀K₀)
3. Mérsékelt, 100 kg/ha/év N-trágyázásban részesült közepes PK ellátottság mellett (N₁P₁K₁)
4. Kielégítőnek minősülő 200 kg/ha/év N-trágyázásban részesült jó kielégítő PK ellátottság mellett (N₂P₂K₂)
5. Tápanyagbőséget reprezentáló, túltrágyázottnak minősülő 300 kg/ha/év N-trágyázásban részesült túlzott/káros PK ellátottság mellett (N₃P₃K₃)

A szénahozamokból látható, hogy a gyepterzését a kontrollhoz viszonyítva az egyoldalú N is csaknem megkétszerezte. A kiegyensúlyozott mérsékelt N₁P₁K₁ kinalattal a termés újra közel duplájára emelkedik. Tovább nőhet a termés kedvezően csapadékos évben a tápanyagbőséggel.

8. táblázat

Különböző NPK ellátottsági szintek hatása a gyepszéna termésére és elemfelvételére 2001-ben. Két kaszálás összege. (Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Széna, ill. elem jele(1)	Mérték-egység (2)	NPK ellátottsági szintek, ill. kombinációk(3)					SzD _{5%}
		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	
Széna (4)	t/ha	3,0	5,5	10,4	11,6	13,0	2,4
K	kg/ha	59	145	244	300	387	84
N	kg/ha	41	130	178	267	388	68
Ca	kg/ha	18	37	58	74	80	20
S	kg/ha	7	15	27	40	49	12
P	kg/ha	5	10	22	32	42	8
Mg	kg/ha	6	15	18	24	28	8
Na	kg/ha	0,5	4,1	3,8	6,2	8,1	2,2
Fe	kg/ha	1,0	1,2	1,1	1,7	2,2	0,8
Mn	kg/ha	0,4	0,8	1,2	1,9	1,9	0,4
Al	kg/ha	0,9	0,8	0,7	1,2	1,3	0,6
Sr	g/ha	39	73	166	243	283	64
Zn	g/ha	40	88	102	118	124	48
Ba	g/ha	21	37	75	114	121	47
B	g/ha	17	34	49	61	63	14
Cu	g/ha	10	31	39	57	65	14
Ni	g/ha	5	9	11	19	16	7
Mo	g/ha	1,9	6,8	3,2	3,3	3,1	1,8
Cr	g/ha	1,3	1,2	1,1	1,6	2,8	0,9
Co	g/ha	0,4	0,6	0,4	1,4	1,4	0,8

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában 1 g/ha alatt(5)

Table 8: Effect of different NPK supply levels and combinations on the hay yield and element uptake of grass in 2001. Sums of two cuts. (Calcareous chernozem soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Hay and measured elements(1), measuring units(2), NPK supply levels or combinations(3), hay(4), note: As, Hg, Cd, Pb and Se usually under 1 g/ha(5)

A gyeppel meghálálta a már szántóföldi kultúrák számára többé-kevésbé károsnak minősülő és gyakran termésdepressziót eredményező N₃P₃K₃ nagy kínálatot is. A szénahozam az abszolút kontroll 4-szeresére nőtt. Lássuk ezek után hogyan alakult a talajból kivont elemek mennyisége?

A földfeletti maximális termésbe egyetlen év alatt közel 400 kg/ha N és K épült be. A felvett elemek tömege közel 1 t/ha-ra tehető, ami érzékelteti a talaj-növény rendszer elemforgalmának mennyiségi határait a hazai gyepgazdálkodásban, öntözetlen viszonyok között. Az abszolút kontroll talajon az elemforgalom mindössze 140 kg/ha körüli tehető, tehát 1/7-e az előbbinek. Trágyázás nélkül a talaj nem képes nagymérvű elemszolgáltatásra. Az N₀P₀K₀ abszolút kontrollhoz viszonyítva az N₃P₃K₃ kezelésben a Fe és Cr mintegy kétszeres; a B, N és Co több mint háromszoros; a Ca, Mg és Mn ötszörös; a K, Zn, Ba és Cu több mint hatszoros; a S és Sr átlagosan hétszeres; a P nyolcszoros, a N tízszeres, míg a Na 16-szoros emelkedést mutat.

A Mo az egyoldalú mérsékelt N-trágyázással megháromszorozódik, majd a növekvő együttes NPK túlsúly nyomán igazolhatóan mérséklődik.

Felmerül a kérdés, hogy a tervezett termés elemigényének számításakor milyen fajlagos értékekkel számoljon a szaktanácsadás? A gyepszéna fajlagos, azaz 1 t légszáraz széna termésében foglalt elemkészlet a trágyázás, ill. a talaj tápelemkínálata függvényében esetenként széles határok között változhat. A 9. táblázat adatai szerint pl. a K 20-30 kg, N 14-30 kg, S 2,2-3,8kg, P 1,7-3,2 kg fajlagos értékeket mutat. A Mg és különösen a Ca ezen a meszes termőhelyen természetesen nem jelez érdemi változásokat.

9. táblázat

A gyepszéna fajlagos elemtartalmának változása 2001-ben a talaj NPK ellátottsági szintjeinek függvényében (1 t széna elemkészlete). Két kaszálás összege

(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Elem jele(1)	Mérték-egység (2)	NPK ellátottsági szintek, ill. kombinációk(3)					SzD _{5%}	Átlag (4)
		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		
K	kg/ha	20	24	23	26	30	4	25
N	kg/ha	14	20	17	23	30	3	20
Ca	kg/ha	6	6	6	6	6	1	6
S	kg/ha	2,3	2,2	2,6	3,4	3,8	0,5	3
P	kg/ha	1,7	1,8	2,1	2,8	3,2	0,4	2
Mg	kg/ha	2,0	2,4	1,7	2,1	2,2	0,3	2
Na	g/ha	167	582	365	534	623	92	300
Fe	g/ha	333	200	106	164	169	33	200
Mn	g/ha	133	127	115	146	146	17	120
Al	g/ha	300	145	67	103	100	25	100
Sr	g/ha	13	13	16	21	22	3	16
Zn	g/ha	13	13	10	10	10	2	13
Ba	g/ha	7	8	7	10	9	2	8
B	g/ha	6	5	5	5	5	1	5
Cu	g/ha	3	4	4	5	5	1	5
Ni	g/ha	1,7	1,3	1,1	1,6	1,2	0,5	1,5
Mo	g/ha	0,6	1,0	0,3	0,3	0,2	0,8	1,0
Cr	g/ha	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4
Co	g/ha	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában mérés határ alatt(5)

Table 9: Effect of different NPK supply levels and combinations on the specific element uptake of 1 t hay in 2001. Sums of two cuts. (Calcareous chernozem soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Measured elements(1), measuring units(2), NPK supply levels or combinations(3), mean(4), note: As, Hg, Cd, Pb and Se usually under detection limit(5)

Amennyiben az állatok igényétől eltekintünk, az lehet a gazda célja, hogy minél kisebb fajlagos elemtartalommal érjen el egy adott termésszintet. Ez jelentheti a nagy műtrágya-hasznosulást, jobban elkerülhető a luxusfelvétel, az esetleges kilúgzás, környezetszennyezés, stb. A mérsékelt és kiegyenlített N₁P₁K₁ ellátottsági szintet alapul véve tájékoztató jelleggel az alábbi fajlagos átlagos értékek javasolhatók a szaktanácsadás számára, telepített füves gyeppel esetén, hasonló körülmények között: 25 kg K (30 kg K₂O), 20 kg N, 6 kg Ca (8-9 kg CaO), 2 kg Mg (3-4 kg MgO), 3 kg S, 2 kg P (5 kg P₂O₅).

A fajlagos mikroelem-tartalmak nem adhatnak közvetlen információkat a trágyázási szaktanácsadás számára, amennyiben a mikroelemek pótlása nem a

kivont mennyiségük alapján történik. Felvételüket általában nem a talajbani mennyiségük, hanem a felvehetőséget befolyásoló tényezők szabályozzák, elsősorban a talaj reakcióállapota és amint láttuk, a felvétel során lejátszódó szinergizmusok és antagonizmusok. Fontos azonban ismeretük, hiszen

tükrözik a növény tápláltsági állapotát, diagnosztikai információt hordoznak. Másrésről takarmányozási/életteni szempontból befolyásolják az állatok egészségét és az állati termékek minőségét. Közlésük hiányt pótolhat a hazai irodalomban, tehát elsősorban ismeretelméleti jelleget hordozhat.

IRODALOM

- Balázs F. (1961): Mútrágya hatása a vöröscsenkeszes gyepek összetételére. *Növénytermelés*. 10:315-335.
- Barcsák Z. (1999): A gyepek tápanyagellátása. In: *Tápanyaggaazdálkodás*. 522-535. Szerk.: Füleky Gy. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Barcsák Z. (2004): *Biogyepgaazdálkodás*. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Bánszki T. (1988): NPK mútrágya mennyiségi és aránykísérlet intenzív telepített gyepeken. *Növénytermelés*. 37/3: 247-257.
- Bánszki T. (1997): Telepített gyepek NPK mútrágyázása csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 46/5:499-508.
- Bíró J. (1928): *A legelőgazda könyve*. Földművelésügyi Minisztérium. Budapest.
- Csathó P. (1997): Összefüggés a talaj K-ellátottsága és a kukorica, őszi búza és a lucerna K-hatások között a hazai szabadföldi kísérletekben, 1960-1990. *Agrokémia és Talajtan*. 46:327-346.
- Dow, A.I.-Heinemann, W.W.-Cline, T.A.-Hanks, E.M. (1980): Effects of N fertilization on yield, N recovery, nutrient content and quality of three irrigated pasture grasses. *Bulletin 0893*. College of Agric. Res. Center. Washington State Univ. USA.
- Dresdner I. (1927): *Az újkori zöldmezőgazdálkodás*. Kertész Könyvnyomda. Budapest.
- Egnér, H.-Riehm, H.-Domingo, W.R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. *Lantbr. Högsk. Ann.* 26:199-215.
- Fraas, C. (1870): *Wurzelleben der Culturpflanzen*. Universitätsdruckerei. München.
- Győri Z.-Alapi K. (2003): A Felső-Tisza ártéri legelőinek ásványianyag-tartalma. *Gyepgazd. Közlemények*. 1:32-34.
- Harmati I. (1981): A Duna-Tisza közti sós, lúgos szikesek hasznosítása és javítása gyepgaazdálkodással. *Agrokémia és Talajtan*. 30:186-199.
- Harmati I. (1997): Intenzív telepített gyepek létesítése és mútrágyázása 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.
- Horváth R.-Prohászka K. (1979): Ösgyeppek tápelem-tartalmát befolyásoló tényezők. *Bot. Közlemények* 66:103-107.
- Kádár I. (1979): Földművelésünk nitrogén, foszfor és kálium mérlege. *Agrokémia és Talajtan*. 28:527-544.
- Kádár I. (1992): *A növénytáplálás alapelvei és módszerei*. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Kádár I. (1997): Talajaink tápelemgaazdálkodása az ezredfordulón. *Növénytermelés*. 46:73-84.
- Kádár I. (2005): Mútrágyázás hatása a telepített gyepek termésére és N-felvételére 1. *Gyepgaazdálkodási Közlemények* 2. (In print)
- Kádár I. (2005a): Mútrágyázás hatása a telepített gyepek ásványi elem-tartalmára 3. *Gyepgaazdálkodási Közlemények* 2. (In print)
- Kádár I.-Győri Z. (2005): Mútrágyázás hatása a telepített gyepek takarmányértékére és tápanyaghozamára 2. *Gyepgaazdálkodási Közlemények* 2. (In print)
- Károly R. (1899): *Rét- és legelőművelés*. Franklin. Budapest.
- Lakanen, E.-Erviö, R. (1971): A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. *Acta Agr. Fenn.* 123:223-232.
- Liebig, J. von. (1840-1876): *Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban*. Szerk.: Kádár I. 1996. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Németh T. (1996): *Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma*. MTA TAKI. Budapest.
- Sachs, J. (1873): *Lehrbuch der Botanik*. 3. Auflage. 1. Buch. Wilhelm Engelmann. Leipzig.
- Sachs, J. (1887): *Vorlesungen über Pflanzenphysiologie*. 2. Auflage. Wilhelm Engelmann. Leipzig.
- Sarkadi J. (1975): *A mútrágyaigény becslésének módszerei*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Saussure De, Th. (1804): *A növények kémiai kutatása*. Fordította dr. Cserni Imre. Kecskeméti Főiskolai Nyomda. Kecskemét.
- Szabó J. (1977): *Gyepgaazdálkodás*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Tasi J.-Barcsák Z. (2001): Néhány gyepnövény fejlődési fázisa és takarmányminőségének változása közötti összefüggések vizsgálata. *Növénytermelés*. 50/1:31-42.
- Thamm Fné (1990): *Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata*. *Agrokémia és Talajtan*. 39:191-206.
- Tölgyesi Gy. (1969): *A növények mikroelem tartalma és ennek mezőgazdasági vonatkozásai*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Vinczeffy I. (1966): *Gyepgaazdálkodás képekben és számokban*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Wolff, E. (1872): *Praktische Düngerlehre*. 4. Auflage. Verlag Wiegandt und Hempel. Berlin.