

Műtrágyázás hatása a lucerna (*Medicago sativa* L.) elemfelvételére karbonátos homoktalajon

KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete, Budapest

Összefoglalás

Duna-Tisza közti karbonátos homoktalajon 1970-ben beállított NPK műtrágyázási kísérletünk 31–34. évében, 2000–2001 között vizsgáltuk a kezelések hatását a lucerna fejlődésére, gyomosodási viszonyaira, szénahozamára, valamint a talaj szántott rétegének ammóniumlaktát-ecetsav (AL) oldható PK-tartalmára. A termőhely talaja 1% körüli CaCO_3 -ot és humuszt, valamint 5–10% agyagot tartalmaz a szántott rétegben, az altalaj erősen meszes. A talajvíz 5–7 m mélyen található, a terület aszályérzékeny, oldható tápelemekkel (N, P, K) gyengén ellátott. A kísérletből levonható főbb következtetések:

1. A 29 éve trágyázatlan talaj ammóniumlaktát-ecetsavas (AL) oldható PK-készlete kicsi: a talajgazdagító PK trágyázás nyomán az AL-PK készlet feltalajban 150–200 mg/kg $\text{AL-P}_2\text{O}_5$, illetve $\text{AL-K}_2\text{O}$ „kielégítő” tartományba emelkedett vagy meghaladta azt.
2. A lucernaszéna átlagos elemtartalma az egyes kaszálások között az alábbi minimum – maximum értékeket mutatta: 3–6% N; 2–4% Ca; 0,32–0,56% Mg; 0,26–0,43% S; 0,25–0,41% P. A mikroelemek közül a Fe 160–360; Al 101–301; Sr 123–194; Mn 83–223; Na 28–107; B 25–67; Zn 16–39; Ba 6–20; Cu 4–10; Ni 0,4–2,0; Pb 0,3–0,7; Mo 0,3–0,5; Co 0,1–0,3 mg/kg. A Se általában 0,4 mg/kg, míg az As, Hg, Cd 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt maradt.
3. Az irodalomban közölt levéldiagnosztikai ellátottsági határértékek alkalmasak lehetnek a lucerna tápláltsági állapotának és közvetetten a talaj tápelem-szolgáltatásának megítélésére, így a trágyaigényének becslésére is. Kísérletünkben kielégítő ellátottságot a 3,5% feletti N; 2,5% feletti K és a 0,3% feletti átlagos P-tartalom jelezte a zöldbimbós korú szénában, összhangban az irodalomban fellelhető közlésekkel.

4. A 4 év alatt, a 8 kaszálással a trágyázatlan kontroll 6,8 t/ha, a bőséges trágyázásban részesült parcella 12,5 t/ha mérsékelt szénahozamot adott. Az összes elemfelvétel ennek megfelelően 197–479 kg N, 102–372 kg K, 177–286 kg Ca, 33–53 kg Mg, 20–39 kg P, 16–43 kg S, 2–4 kg Fe és Al, 1–2 kg Mn és Sr volt ha-onként. A betakarított 4 éves terméssel átlagosan 729 g Na, 402 g B, 251 g Zn, 136 g Ba, 57 g Cu, 13 g Ni, 5–5 g Pb és Cr, 4–4 g Mo és Se, illetve 2 g Co is távozott hektáronként. Az As, Hg, Cd mennyisége 1 g/ha kimutatási határ alatt maradt.
5. Az 1 t széna előállításához szükséges fajlagos elemtartalom a 8 kaszálás, illetve 4 év átlagában 29–37 kg N, 20–26 kg Ca (28–36 kg CaO), 15–30 kg K (18–36 kg K₂O), 3–5 kg Mg (5–8 kg MgO), 2,5–3,0 kg P (6–7 kg P₂O₅) és 2,5–3,5 kg S mennyiséget tett ki. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a tervezett termés elemigényeinek számításakor a szaktanácsadásban, figyelemmel a lucerna légköri N-kötésére.
6. A lucerna széna nyersfehérje tartalma 17%-ról 24–27%-ra emelkedett az NPK trágyázással. Érdemben nem módosult a kezelések nyomán a nyersrost, nyershamu, nyerscukor és nyerszsír készlete, míg a karotin kétszeresére dúsult. A pillangós-nélküli gyepszénához képest a lucernaszéna nagyságrenddel több karotint, 2–3-szor annyi fehérjét, 2-szer annyi nyerszsírt, átlagosan 40%-kal több hamut és 20%-kal több nyerscukrot tartalmazott, viszont nyersrostban csupán fele olyan gazdag volt. A lucerna takarmányértéke nagy, részben helyettesítheti a koncentrált takarmányokat.

Kulcsszavak: szabadföldi tartamkísérlet, műtrágyázás, lucerna, termés, elemfelvétel

The effect of fertilisation on the element uptake of alfalfa (*Medicago sativa* L.) on carbonated sandy soil

IMRE KÁDÁR

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of HAS, Budapest

Summary

We examined the effect of fertiliser treatments on the development, weeds and hay yield of alfalfa, as well the ammonium-lactate - acetic acid soluble PK content of the soil between

2000 and 2001, in years 31–34 of the NPK fertilisation experiment established on carbonated sandy soil in the Danube-Tisza mid-region in 1970. The ploughed layer of the production site contains about 1% CaCO₃ and humus and 5–10% clay. The subsoil is strongly calcareous. Soil water can be found 5–7 m deep, the area is drought-sensitive and weakly supplied with soluble nutrients (N, P, K). The main conclusions of the experiment are as follows.

1. The ammonium-lactate – acetic acid (AL) soluble PK content of the soil (that has not been fertilised for 29 years) is low: as a result of the soil-enriching PK fertilisation, the AL-PK content is 150–200 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅ in the surface soil and the AL-K₂O content is in or above the "satisfactory" range.
2. The average element content of alfalfa hay between each mowing showed the following minimum – maximum values: 3–6% N; 2–4% Ca; 0.32–0.56% Mg; 0.26–0.43% S; 0.25–0.41% P. Microelements: Fe 160–360; Al 101–301; Sr 123–194; Mn 83–223; Na 28–107; B 25–67; Zn 16–39; Ba 6–20; Cu 4–10; Ni 0.4–2.0; Pb 0.3–0.7; Mo 0.3–0.5; Co 0.1–0.3 mg kg⁻¹. The Se content was generally 0.4 mg kg⁻¹, whereas As, Hg, Cd were below the 0.1 mg kg⁻¹ limit of detection.
3. The leaf diagnostics supply limit values in the reference section could be used in determining the level of nutrient supply of alfalfa and indirectly in assessing the nutrient supply of the soil, therefore, its fertiliser need can also be estimated. In our experiment, the average contents of N (above 3.5%), K (above 2.5%) and P (above 0.3%) showed a satisfactory degree of supply in the green phase of hay, that was in accordance with the literature.
4. During the four years and as a result of eight mowings, the yield of the non-fertilised control plot was 6.8 t ha⁻¹, whereas that of the plot that received abundant fertilisation was 12.5 t ha⁻¹. Accordingly, the total element uptake was 197–479 kg N, 102–372 kg K, 177–286 kg Ca, 33–53 kg Mg, 20–39 kg P, 16–43 kg S, 2–4 kg Fe and Al, 1–2 kg Mn and Sr per hectare. The harvested yield during the four years removed 729 g Na, 402 g B, 251 g Zn, 136 g Ba, 57 g Cu, 13 g Ni, 5–5 g Pb and Cr, 4–4 g Mo and Se, and 2 g Co per hectare on average. The quantities of As, Hg, and Cd were below the 1 g ha⁻¹ limit of detection.
5. The specific element content needed to produce 1 t hay averaged over eight mowings and the four years was 29–37 kg N, 20–26 kg Ca (28–36 kg CaO), 15–30 kg K (18–36 kg K₂O), 3–5 kg Mg (5–8 kg MgO), 2.5–3.0 kg P (6–7 kg P₂O₅) and 2.5–3.5 kg S. Our data could serve as a guideline for the calculation of the element demand of the planned yield in consultancy, also taking into account the atmospheric N-binding of alfalfa.

6. The raw protein content of alfalfa hay increased from 17% to 24-27% with NPK fertilisation. Its raw fibre, raw ash, raw sugar and raw fat content did not significantly change as a result of the treatments, whereas its carotin content doubled. The carotin content of alfalfa hay was higher than the grass hay without papilionaceae by a magnitude. Furthermore, it contained 2-3 times more protein, 2 times more raw fat, 40% more ash and 20% more raw sugar on average, whereas its raw fibre content was half as much as that of grass hay. The nutritional value of alfalfa is high, it can partially substitute concentrated forage

Key words: long-term field experiment, fertilisation, alfalfa, yield, nutrient uptake

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Munkánk célja, hogy a kísérlet 31-34. éveiben vizsgáljuk a lucerna trágyareakcióját olyan kísérletben, ahol már jól elkülönült NPK-ellátottsági szintek alakultak ki a talajban. Választ keresünk olyan kérdésekre is pl. hogyan változik a trágyázással és a kaszálásokkal a széna tömege, elemösszetétele, elemarányai. Mekkora lehet a makro-, és mikroelem felvétele? Milyen mérvű tápelem elvonás léphet fel egy 4 éves periódus alatt? Mennyiben használhatók a növényelemzés adatai a lucerna tápláltsági állapotának megítélésére? Miképpen hat az extrém K-hiány és a K-túlsúly a talajra és a növényre? Első közleményünkben a lucerna fejlődését és termésének alakulását követtük nyomon. Áttekintettük a téma irodalmát, vizsgáltuk a műtrágyázás hatását a lucerna fejlődésére, gyomosodására és a kaszálásonkénti szénahozamára (Kádár és Radics 2009).

Jelen munkánk bemutatja a lucerna makro- és mikroelemeinek változását a kezelések, kaszálások, illetve az évek függvényében. A növényelemzés adatait levéldiagnosztikai szempontból is értékeljük, megítélve a lucerna tápláltsági állapotát és ellenőrizve az irodalmi határkoncentrációkat a hazai szaktanácsadás számára. A lucernaszéna átlagos elemkészletét és elemforgalmát 24 ásványi elemre kiterjesztve tekintjük át. A kezeléshatásokat a 8 kaszálás átlagaiban a N, K, Ca, Mg, S, P, Sr, Mn, Na, B, Zn és Cu elemekre közöljük. A takarmányérték jellemzőinek változását szintén érintjük a kezelések függvényében.

Anyag és módszer

Az MTA TAKI Órbottyáni Kísérleti Telepe a Duna-Tisza közti homokhátság északi részén, a Gödöllői-dombvidék pereméhez közel helyezkedik el. A talajvíz tükre 5–10 m mélyen található, a talajképződési folyamatokat, illetve a trágyahatásokat nem befolyásolja. A termőhely a homoktalajokra jellemzően rossz vízgazdálkodású, aszályérzékeny, heterogén tulajdonságú és NPK tápelemekben szegény. A műtrágyázási kísérletet eredetileg Kozák Mátyás 1970 őszén állította be 10 kezeléssel és 4 ismétléssel, azaz összesen 40 db egyenként $12 \times 4,2 = 50,4$ m²-es parcellával kéttényezős véletlen blokk elrendezésben (Kozák 1977, Kozák és Szemes 1984).

A vizsgált kísérlet talaja csernozjom jellegű humuszos homok 60–70 cm humuszos szinttel. A szántott réteg CaCO₃- és humusztartalma 1%, az altalaj erősen karbonátos. A pH(H₂O) 7,3; a pH(KCl) 7,0 átlagosan. A P- (0, 60, 120 kg P₂O₅/ha/év) és K-műtrágyákat (0, 100, 200, 300, 400 kg K₂O/ha/év), valamint a N (0, 80, 160 kg N/ha/év) felét összesel szántás előtt, a másik felét tavasszal szórtuk ki 25%-os pétisó, 18%-os szuperfoszfát és 50%-os kálisó formájában. A kísérlet különösen a K-hatásgörbék tanulmányozására alkalmas két-féle NP-szinten.

A 34. év után, 2004-ben talajmintavételre került sor a szántott rétegből, az átlagminták 20–20 lefűrés anyagát tartalmazták parcellánként. E mintákban mértük a könnyenoldható PK-tartalmakat Egnér *et al.* (1960) által ajánlott AL-módszerrel. A növényminták elemtartalmát cc.HNO₃ + cc.H₂O₂ roncsolást követően határoztuk meg ICP technikát alkalmazva. A N-t a hagyományos cc.H₂SO₄ + cc.H₂O₂ feltárással Kjeldahl (1891) módszere szerint vizsgáltuk. A lucerna vetésére 2001. március 19-én került sor Verkö fajtájú lucernával, 30 kg/ha vetőmagnormával, illetve 150 db/fm vetőmaggal 2 cm mélyre vetve. Kaszálások előtt az állományt fejlettségre bonitáltuk 1–5 skálán. A betakarítás fűkaszával történt a $12 \times 1,65 = 19,8$ m² nettó területen parcellánként. Az analízisre szánt átlagminta 15–20 helyről származott a fűkasza anyagából. A növénymintákat 40–50 °C-on szárítottuk, majd analízisre finomra őröltük.

A havi és az éves csapadékösszegeket, valamint a kísérleti telepen mért 46 éves átlagokat a 1. táblázatban mutatjuk be. A 2000. év rendkívül csapadékszegény volt, sokévi átlagnak mindössze 51%-a hullott. Egyaránt száraz volt a tél, tavasz, július kivételével a nyár és az ősz is. Ezt követően 2001-ben szokatlanul esős időjárás uralkodott. A sokéves átlaghoz viszonyítva márciusban két-

szeres, áprilisban csaknem 4-szeres, majd májusban, júliusban és szeptemberben ismét közel kétszeres mennyiségű csapadék hullott. A 2002. év csapadékban szegényebb, 15%-kal elmarad a 46 éves átlagtól, viszont a csapadék eloszlása kedvezőbb, kiegyenlítettebb. Ez döntő tényező lehet a homoktalajon. A 2003. év ismét komoly deficittel zárul, a sokéves átlag 59%-át kapja a terület. Aszályosnak mondható a március, április és a június az év első felében. A 2004. évben átlagos mennyiségű eső esett és viszonylag a csapadék eloszlása is megfelelő volt. Összefoglalóan elmondható, hogy a vizsgált 5 évből két év kiemondottan aszályos (2000 és 2003), egy év csapadékbő (2001), ill. két év az átlaghoz közeli (2002 és 2004) volt.

1. táblázat. *A havi és éves csapadékösszegek 2000–2004. években, mm (Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)*

Vizsgált hónapok (1)	Vizsgált évek (2)					Sokéves átlag* (3)
	2000	2001	2002	2003	2004	
I.	7	48	6	40	46	35
II.	6	4	13	27	49	30
III.	32	73	14	0	53	39
IV.	49	170	30	12	39	46
V.	15	115	46	32	42	59
VI.	7	48	41	8	68	67
VII.	71	117	52	57	35	61
VIII.	8	19	98	13	67	51
IX.	6	80	59	17	13	46
X.	3	3	52	79	48	44
XI.	58	37	32	45	55	55
XII.	30	39	40	7	36	45
Összesen (4)	292	753	483	337	551	569

*A kísérleti telepen mért 46 év átlaga.

Table 1. Monthly and yearly precipitation sums in 2000–2004, mm (carbonated sandy soil in the Danube-Tisza mid-region, Órbottyán). (1) Examined months, (2) Examined years, (3) Many years' average (4) Total. *The average of the 46 years measured at the experiment site.

Kísérleti eredmények

Kezelések hatását a talaj szántott rétegének AL-PK tartalmára a 2. táblázat foglalja össze. Az adatokból látható, hogy a 34 éve trágyázásban nem részesült kontroll talajon mind az AL-K₂O, mind az AL-P₂O₅ tartalom rendkívül kicsi. Korábbi vizsgálataink alapján megállapítottuk, hogy hasonló meszes homoktalaj kielégítően ellátottnak minősülhet, ha az AL-P₂O₅ készlete a 150–200 mg/kg, az AL- K₂O tartalma pedig a 100–150 mg/kg tartományba esik (Kádár 1992).

2. táblázat. Műtrágyázási kezelések és a szántott réteg AL-PK tartalma 2004-ben (Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

Kezelés NPK (1)	kg/ha/év			kg/ha/év			AL-oldható, mg/kg	
	1971–1989 között			1990 óta			2004-ben	
	(2)			(3)			(4)	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
000	0	0	0	0	0	0	46	71
110	80	60	0	80	60	0	40	171
111	80	60	40	80	60	100	124	176
112	80	60	80	80	60	200	152	175
113	80	60	120	80	60	300	223	146
220	160	120	0	160	120	0	58	249
221	160	120	40	160	120	100	116	287
222	160	120	80	160	120	200	155	282
223	160	120	120	160	120	300	234	231
224	160	120	160	160	120	400	264	247
SzD _{5%} (5)	-	-	-	-	-	-	58	55
Átlag (6)	-	-	-	-	-	-	141	207

Table 2. Fertiliser treatments and the AL-PK content of the ploughed layer in 2004 (carbonated sandy soil in the Danube-Tisza mid-region, Órbottyán). (1) NPK treatment, (2) kg ha⁻¹ year⁻¹ between 1971–1989, (3) kg ha⁻¹ year⁻¹ since 1990, (4) AL-soluble, mg kg⁻¹ in 2004, (5) LSD_{5%}, (6) Average.

A kísérlet első 19 éve alatt 1971–1989 között a K₂O adagok 0, 40, 80, 120, 160 kg/ha/év mennyiséget jelentettek. Ezt követően az adagokat 2,5-szeresére növeltük, hogy a talajgazdagító K-szintek hatása szabatosan megnyilvánulhasson és a K-igényes kultúrák optimumait, ill. a K-túlsúly esetleges negatív hatásait is megis-

merjük. A 2. táblázat eredményei szerint a feltalaj K-ellátottsága a 34. év végére a kielégítő tartományba kerülhetett a pozitív K-mérleggel rendelkező K kezeléseiben. A szántott réteg alatti talaj is gazdagodhatott itt K-ban, hiszen hasonló talajon a K bemosódása, vertikális elmozdulása nem kizárt. A feltalaj AL-P készlete látványosan emelkedett már a 60 kg/ha/év P_2O_5 adaggal, a 120 kg/ha/év trágyázás nyomán pedig a kívánatos „kielégítő” szintet is meghaladta.

A széna termését az első két évben, 2001-ben és 2002-ben az NP-trágyázás szignifikánsan növelte a kontrollhoz viszonyítva. Az N_1P_1 szint a 4 kaszálás összegét tekintve kereken 1,4 t/ha, azaz 35%-os többletet, míg az N_2P_2 szint 2,1 t/ha, azaz 54%-os többletet adott. A kiegészítő K-trágyázással plusz 20% körüli, maximálisan 2,8 t/ha többlet jelentkezett, mely 73%-kal haladta meg az abszolút kontroll talajon termettet. A 3. és 4. évben, 2003. és 2004. években a K-hiányos NP-kezelések hozama már igazolhatóan nem különbözött a trágyázatlan kontrollon mérttől sem az egyes kaszálások idején, sem a 4 kaszálás összegében. A kiegészítő K-trágyázás hatása viszont kifejezettebbé vált az NP-szinteken 70–90%-ot is elérve. Az 1,5–2,5 t/ha széna hozamtöbbletet a K-trágyázás nélkül elveszítenénk (3. táblázat).

A növények tápláltsági állapotát elemösszetételük is tükrözik. Mivel a lucerna hajtását zöldbimbós állapotban takarítjuk be, az ásványi elemek tartalmából következtethetünk a növény ellátottságára, közvetetten tehát a talaj kínálatára. Az optimális elemtartalmakat, mint etalonokat hiánykísérletekben állapították meg. *Simkins et al.* (1970) az Egyesült Államokban 12 elemre adott javaslatot, míg *Bergmann* (1992) Németországban 10 elemre közölte a „kielégítő” ellátottsági határkoncentrációkat. Az egyes elemekre adott optimumokat a 4. táblázatban foglaltuk össze. Ismeretes, hogy a tápláltság kiegyensúlyozottságát, minőségét a megfelelő tápelem-arányok jelzik, melyeket az optimális tartalmakból becsülhetünk. Így pl. a kívánatos P/Zn aránya 100 körüli, 50–150 közötti tartományba esik, míg 200 feletti P/Zn arány számos növénynél az indukált Zn-hiányra utalhat (*Kádár* 1992).

3. táblázat. Kezelések hatása a légszárász lucerna széna hozamára 2001–2004 között
(Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Örbottyán)

Kezelés NPK (1)	2001, t/ha (2)		2002, t/ha (2)		Összesen 4 kaszálás (3)	
	07.09. (4)	09.05. (4)	05.29. (4)	08.22. (4)	t/ha	%
000	0,81	0,55	1,45	1,04	3,85	100
110	1,17	0,78	1,97	1,29	5,21	135
111	1,17	1,00	1,98	1,71	5,86	152
112	1,13	1,17	2,03	1,60	5,93	154
113	1,00	1,05	1,91	1,79	5,75	149
220	1,25	0,98	2,34	1,35	5,92	154
221	1,21	0,90	2,47	1,52	6,10	158
222	1,32	1,07	2,47	1,82	6,68	174
223	1,42	1,17	2,38	1,90	6,87	178
224	1,41	1,16	2,36	1,73	6,66	173
SzD _{5%} (5)	0,22	0,22	0,38	0,25	0,82	21
Átlag (6)	1,19	0,94	2,14	1,56	5,83	151
Kezelés NPK (1)	2003, t/ha (2)		2004, t/ha (2)		Összesen 4 kaszálás (3)	
	05.26. (4)	05.24. (4)	07.12. (4)	08.31. (4)	t/ha	%
000	0,96	0,52	1,01	0,51	3,00	100
110	0,90	0,94	0,96	0,41	3,21	107
111	1,52	1,41	1,59	0,37	4,90	163
112	1,41	1,54	1,77	0,45	5,17	172
113	1,24	1,65	1,52	0,37	4,78	159
220	0,79	0,78	1,46	0,52	3,55	118
221	1,44	1,54	1,43	0,50	4,91	164
222	1,39	1,68	1,44	0,37	4,88	163
223	1,33	2,06	1,91	0,45	5,76	192
224	1,50	1,79	1,96	0,53	5,78	193
SzD _{5%} (5)	0,25	0,47	0,24	0,22	0,57	19
Átlag (6)	1,26	1,46	1,36	0,41	4,49	150

Megjegyzés: A lucerna légszárászanyag tartalma 2001-ben 40 és 39, 2002-ben 41 és 22, 2003-ban 36, 2004-ben 28, 39 és 32% volt egymást követő kaszálások átlagában.

Table 3. The effect of treatments on the air-dry hay yield of alfalfa between 2001–2004 (carbonated sandy soil in the Danube-Tisza mid-region, Örbottyán). (1) NPK treatment, (2) t ha⁻¹, (3) Four mowings altogether, (4) mm/dd, (5) LSD_{5%}, (6) Average. Note: The dry matter content of alfalfa was 40% and 39% in 2001, 41% and 22% in 2002, 36% in 2003 and 28%, 39% and 32% in 2004 average over the subsequent mowings.

4. táblázat. A lucernaszéna tápelem-ellátottsági határkoncentrációi
 Simkins et al. (1970) szerint
 (Felső kb. 20 cm hajtás, bimbós állapot virágzás előtt)

Elem jele (1)	Mértékegység (2)	Hiányos (3)	Alacsony (4)	Kielégítő (5)	Magas (6)	Túlzott (7)
K	%	1,8 alatt (8)	1,8–2,0	2,0–3,5	3,5–5,0	5,00 felett (9)
Ca	%	1,0 alatt	1,0–1,8	1,8–3,0	3,0–4,0	4,00 felett
Mg	%	0,2 alatt	0,2–0,3	0,3–1,0	1,0–2,0	2,00 felett
P	%	0,2 alatt	0,2–0,3	0,3–0,7	0,7–1,0	1,00 felett
S	%	0,2 alatt	0,2–0,3	0,3–	?	?
Fe	mg/kg	20 alatt	20–30	30–250	250–400	400 felett
Al	mg/kg	?	?	–200	200–400	400 felett
Mn	mg/kg	20 alatt	20–30	30–100	100–250	250 felett
B	mg/kg	20 alatt	20–30	30–80	80–100	100 felett
Zn	mg/kg	10 alatt	10–20	20–70	70–100	100 felett
Cu	mg/kg	5 alatt	5–10	10–30	30–50	50 felett
Mo	mg/kg	0,5 alatt	0,5–1	1–5	5–10	10 felett

Megjegyzés: Bergmann (1992) szerint a kielégítő ellátottság 3,5–5,0% N; 2,5–3,8% K; 1,0–2,5% Ca; 0,3–0,8% Mg; 0,3–0,6% P; 30–100 mg Mn; 35–80 mg B; 25–70 mg Zn; 6–15 mg Cu és 0,5–2,0 mg Mo kg szárazanyagban.

Table 4. Nutrient supply limit concentrations of alfalfa hay according to Simkins et al. (1970) (the upper 20 cm long shoot, budding phase before flowering). (1) Element, (2) Unit of measurement, (3) Insufficient, (4) Low, (5) Adequate, (6) High, (7) Excessive, (8) below, (9) above. Note: According to Bergmann (1992), the adequate levels of supply are 3.5–5.0% N; 2.5–3.8% K; 1.0–2.5% Ca; 0.3–0.8% Mg; 0.3–0.6% P; 30–100 mg Mn; 35–80 mg B; 25–70 mg Zn; 6–15 mg Cu and 0.5–2.0 mg Mo in 1 kg dry matter.

Az 5. táblázatban a légszáraz lucernaszéna átlagos elemkészlete tanulmányozható kaszálásonként 2001–2004 között. A széna N-ben a leggazdagabb, mely 3–6% között változott. Ezt követi a Ca 2,1–2,9 %, K 1,8–2,7%, majd a Mg 0,32–0,56%, S 0,26–0,43% és a P 0,25–0,41% minimum és maximum értékekkel. A mikroelemek tekintetében a Fe 160–360, Al 101–301, Sr 123–194, Mn 83–223, Na 28–107, B 25–67, Zn 16–39, Ba 6–20, Cu 4–10 mg/kg szélső értékeket mutatott az egyes kaszálások átlagaiban. Az említett makro- és mikroelemek átlagos tartalma összességében tehát 2–3-szoros eltéréseket jelzett.

Vizsgáltuk a környezetvédelmi szempontból is fontos mikroelemek, nehézfémek mennyiségét. A Cr-tartalomban nagyságrendbeli eltérést találtunk 0,1–1,2 mg/kg szélső értékekkel. A Ni tartalma is 5-szörös eltéréssel jellemezhető 0,4–2,0 mg/kg között. Az Pb 0,3–0,7; Mo 0,3–0,5; Co 0,1–0,3 mg/kg között változott az egyes kaszálások között. A Se általában a 0,4 mg/kg, míg az As, Hg, Cd a 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt maradt. Nem tudtunk egyértelmű összefüggést kimutatni az elemtartalom átlagos mennyisége, a szénahozam vagy a lehullott csapadékösszegek között. Diagnosztikai szempontból általában a Ca, Mg, Mn készlete a szénában bőséges ellátottságra, míg legtöbb esetben a N, K, Zn és Mo alacsony ellátottságra vagy rejtett hiányra utalt (5. táblázat).

Kezelések hatását a vizsgált 20–24 elem esetében lehetett nyomon követni. Amint az 5. táblázatban megfigyelhető, a kontrollhoz viszonyítva emelkedett a N, S, P, Sr elemek beépülése az NP-trágyázás nyomán. A pótlólagos K-trágyázás növelte a K, valamint mérsékelte az antagonista kationok mint a Ca, Mg, Sr, Mn, Na növénybeni felhalmozódását. Mérséklődött még a nem fémes elem, a P és B akkumulációja is a növekvő K-kínálattal. A kontroll talajon fejlődött szénában mért 34 mg/kg Zn-készlet a bőséges NPK műtrágyázás eredményeképpen 17–18 mg/kg értékre zuhant Zn-hiányos állomány/takarmányt előidézve.

A kontroll talajon a N-tartalom a hiányzónába került. Az NP-trágyázással nemcsak a hozam, hanem a széna N %-a is nőtt és a kielégítő tartományba került. Hasonlóképpen a kontroll és a K-hiányos NP kezelésekből a lucerna K-tartalma a kívánatos 2% alatt maradt. A K-trágyázással egyidejűleg növelhető volt a széna termése és a K koncentrációja, mely szintén az optimum zónába jutott. A P és a S elemekkel való kielégítő ellátottságot a 0,3% körüli tartalom jelezheti. A bőséges NP-kínálat nyomán mindkét elem koncentrációja emelkedett. A fehérjék szintézise ugyanis feltételezi a N, P és a S együttes jelenlétét, melyet az NP-trágyázás biztosít. A szuperfoszfát átlagosan 13% S és 8% P elemkészlettel rendelkezik a növény számára felvehető formában, tehát kiváló P- és S-forrás. A növekvő NP-kínálattal mérséklődött a széna Zn és Cu tartalma a P-Zn, illetve P-Cu antagonizmus nyomán.

Említést érdemel a Sr, bár jelenlegi tudásunk szerint nem minősül egyértelműen tápelemnek. A Sr a Ca kísérő eleme a kőzetekben, talajban és az élő szervezetben egyaránt. Extrém túlsúlya esetén a Ca-ot kiszoríthatja, helyettesítheti. Beépülését a szénába növeli az NP-trágyázás. A szuperfoszfátok Sr készlete elérheti a 2%-ot.

5. táblázat. A légszáraz lucerna széna átlagos elemtartalma kaszálásonként
2001–2004 között
(Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	2001		2002		2003		2004	
		07.09. (3)	09.05. (3)	05.29. (3)	08.22. (3)	05.26. (3)	05.24. (3)	07.12. (3)	08.31. (3)
N	%	3,0	3,1	3,0	6,0	3,3	3,4	3,0	3,3
Ca	%	2,9	2,1	2,2	2,4	2,4	2,4	2,2	2,1
K	%	2,4	2,6	2,2	2,3	1,8	2,0	2,0	2,7
Mg	%	0,56	0,39	0,32	0,42	0,34	0,36	0,42	0,47
S	%	0,30	0,28	0,38	0,43	0,30	0,27	0,26	0,31
P	%	0,26	0,28	0,29	0,39	0,25	0,38	0,32	0,41
Fe	mg/kg	328	342	210	360	284	352	160	350
Al	mg/kg	269	300	150	274	222	316	101	301
Sr	mg/kg	177	156	159	194	125	153	123	147
Mn	mg/kg	188	139	161	168	83	132	140	223
Na	mg/kg	28	39	107	83	97	87	96	40
B	mg/kg	67	50	25	50	24	28	33	43
Zn	mg/kg	22	23	23	22	16	21	26	39
Ba	mg/kg	12	14	13	12	9	16	20	6
Cu	mg/kg	4	5	5	6	4	5	6	10
Ni	mg/kg	0,7	0,8	0,4	1,2	1,1	2,0	2,0	2,0
Pb	mg/kg	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,3	0,5
Mo	mg/kg	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5
Cr	mg/kg	0,2	0,2	1,2	0,9	0,4	0,4	0,1	0,3
Co	mg/kg	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2

Megjegyzés: As, Hg, Cd 0,1 mg/kg kimutatási határ körül vagy alatt.

Table 5. The average element content of air-dry alfalfa hay per mowing between 2001–2004 (carbonated sandy soil in the Danube-Tisza mid-region, Órbottyán). (1) Element, (2) Unit of measurement, (3) mm/dd. Note: The As, Hg and Cd contents are around or below the 0.1 mg kg⁻¹ limit of detection.

A tartós, szuperfoszfáttal végzett trágyázás emeli a talaj oldható Sr-tartalmát és a növényi Sr-felvételt egyaránt. A javuló K-kínálattal viszont a Sr növényi felvétele gátolt a K-Sr kationantagonizmusból eredően. A 8 kaszálás átlagában a Fe 298, Al 242, Mn 154, Zn 24, Ba 13, Ni 1–2, Pb és Cr 0,5, Se és Mo 0,4, Co

0,2 mg/kg értéket mutatott a kezeléstől függetlenül, míg az As, Hg és Cd 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt maradt (6. táblázat).

6. táblázat. Kezelések hatása a lucerna széna átlagos elemtartalmára 2001–2004 között (Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

Kezelés NPK (1)	A 8 kaszálás átlagában, % (2)					
	N	K	Ca	Mg	S	P
000	2,9	1,5	2,6	0,53	0,24	0,30
110	3,2	1,7	2,5	0,50	0,32	0,37
111	3,3	2,1	2,4	0,37	0,28	0,30
112	3,4	2,5	2,4	0,38	0,31	0,28
113	3,6	2,8	2,0	0,32	0,31	0,29
220	4,0	1,6	2,7	0,56	0,35	0,42
221	3,6	2,0	2,6	0,43	0,33	0,33
222	3,8	2,5	2,3	0,35	0,32	0,31
223	3,8	2,8	2,1	0,33	0,34	0,31
224	3,7	3,0	2,0	0,32	0,35	0,30
SzD _{5%} (3)	0,5	0,4	0,4	0,06	0,05	0,08
Átlag (4)	3,5	2,2	2,4	0,41	0,32	0,32

Kezelés NPK (1)	A 8 kaszálás átlagában, mg/kg (5)					
	Sr	Mn	Na	B	Zn	Cu
000	105	181	92	66	34	9
110	177	202	88	49	31	6
111	150	174	71	34	26	5
112	164	165	66	35	27	5
113	152	159	58	39	26	5
220	193	177	111	44	20	6
221	149	171	84	35	22	6
222	144	148	50	31	20	5
223	163	89	54	37	17	5
224	144	80	47	30	18	4
SzD _{5%} (3)	24	37	30	10	7	2
Átlag (4)	154	154	72	40	24	6

Megjegyzés: Fe 298; Al 242; Mn 154; Zn 24; Ba 13; Ni 1,3; Pb és Cr 0,5; Se és Mo 0,4; Co 0,2 mg/kg a kezeléstől függetlenül. As, Hg Cd, 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt.

Table 6. The effect of treatments on the air-dry hay yield of alfalfa between 2001–2004 (carbonated sandy soil in the Danube-Tisza mid-region, Órbottyán). (1) NPK treatment, (2) Averaged over the eight mowings, %, (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Averaged over the eight mowings, mg kg⁻¹. Note: Fe 298; Al 242; Mn 154; Zn 24; Ba 13; Ni 1.3; Pb és Cr 0.5; Se and Mo 0.4; Co 0.2 mg kg⁻¹ independently of the treatment. As, Hg Cd below the 0.1 mg kg⁻¹ limit of detection.

A lucerna szénatermése mérsékelt volt, a 4 év alatt kapott összesen 8 kaszálás 6,8–12,5 t/ha légszárász anyagot produkált. Ennek megfelelően az elemfelvétel is mérsékelt maradt. A 8 kaszálással 197–479 kg N, 102–372 kg K, 177–286 kg Ca, 33–53 kg Mg, 20–39 kg P, 16–43 kg S, kerekítve 2–4 kg Fe, 2–3 kg Al, 1–2 kg Mn és Sr távozott ha-onként az elvitt szénában. Minimális felvételt a trágyázatlan kontroll, maximális felvételt a bőséges NPK ellátottság jelentette. A mikroelemek terén a Na 729 g, B 402 g, Zn 251 g, Ba 136 g, Cu 57 g, Ni 13 g, Pb és Cr 5–5 g, Mo és Se 4–4 g, Co 2 g felvett mennyiséget mutatott átlagosan ha-onként. Az As, Hg, Cd az 1 g/ha kimutatási határ alatt maradt (7. táblázat).

Az 1 t széna előállításához szükséges fajlagos elemtartalom a 8 kaszálás, illetve 4 év átlagában 29–37 kg N, 20–26 kg Ca (28–36 kg CaO), 15–30 kg K (18–36 kg K₂O), 3–5 kg Mg (5–8 kg MgO), 2,5–3,0 kg P (6–7 kg P₂O₅) és 2,5–3,5 kg S mennyiséget tett ki. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a tervezett termés elemigényeinek számításakor a szaktanácsadásban, figyelemmel a lucerna légköri N-kötésére.

Megemlítjük, hogy a mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon beállított szabadföldi műtrágyázási kísérletünkben 11 kaszálással a 3 év alatt, a kezelésektől függően kereken 20–26 t/ha széna termett. A szénába épült elemek mennyisége az alábbi volt: 670–950 kg N/ha, 85–170 kg P₂O₅/ha, 570–625 kg K₂O/ha, 530–770 kg CaO/ha, 120–220 kg MgO/ha. Az 1 t széna előállításához 33–44 kg N, 4–5 kg P₂O₅, 21–26 kg K₂O, 27–29 CaO és 7–9 kg MgO mennyiségre volt szükség (Csathó és Kádár 1987, 1989).

A 2004. május 24-i kaszálás anyagát takarmányérték jellemzőre is megvizsgálták a Debreceni Egyetem Műszerközpontjában dr. Győri Zoltán irányítása alatt. A 8. táblázatban közölt adatok szerint a nyersfehérje 17%-ról 24–27%-ra emelkedett az NPK trágyázás eredményeképpen. Nem módosult érdemben a nyersrost, nyershamu, nyerscukor és nyerszsír mennyisége a kezelések nyomán. A karotin viszont ezzel szemben látványosan, mintegy a kétszeresére düsult a szénában, növelve annak takarmányértékét.

Ahhoz, hogy a lucerna takarmányértékét megítélhessük, összehasonlításképpen bemutatjuk egy pillangós nélküli gypszéna kísérletben kapott eredményeinket. Az NPK műtrágyázási tartamkísérlet 29. évében, 2002. május 28-án termett 2. éves széna takarmányértékének mutatóit a meghatározó N-trágyázás függvényében a 9. táblázat foglalja össze.

7. táblázat. Kezelések hatása a lucerna elemfelvételére 2001–2004 között,
8 kaszálás összegei
(Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

Kezelés NPK (1)	kg/ha							g/ha		
	N	K	Ca	Mg	P	S	Sr	Na	B	Cu
000	197	102	177	36	20	16	0,7	626	449	61
110	269	143	210	42	31	27	1,4	739	412	50
111	356	227	259	40	32	30	1,6	767	367	54
112	377	278	266	42	31	34	1,8	733	388	56
113	374	291	208	33	30	32	1,6	603	406	52
220	380	152	256	53	40	33	1,8	1054	418	57
221	396	220	286	47	36	36	1,6	924	385	66
222	441	290	267	41	36	37	1,7	580	360	58
223	479	353	265	42	39	43	2,1	680	466	63
224	459	372	248	40	37	43	1,8	583	372	50
SzD _{5%} (2)	52	40	32	6	6	6	0,6	212	102	12
Átlag (3)	373	243	244	42	33	33	1,6	729	402	57

Kezelés NPK (1)	kg/ha			g/ha						
	Fe	Al	Mn	Zn	Ba	Ni	Pb	Cr	Mo	Co
000	2,0	1,6	1,0	163	88	9	3,4	3,4	2,7	1,4
110	2,5	2,0	1,3	202	109	11	4,2	4,2	3,4	1,7
111	3,2	2,6	1,7	259	140	14	5,4	5,4	4,3	2,2
112	3,3	2,7	1,7	266	144	14	5,6	5,6	4,4	2,2
113	3,1	2,5	1,6	250	135	14	5,2	5,2	4,2	2,1
220	2,8	2,3	1,5	228	124	12	4,8	4,8	3,8	1,9
221	3,3	2,7	1,7	264	143	14	5,5	5,5	4,4	2,2
222	3,5	2,8	1,8	278	151	15	5,8	5,8	4,6	2,3
223	3,7	3,0	1,9	302	164	16	6,3	6,3	5,0	2,5
224	3,7	3,0	1,9	298	161	16	6,2	6,2	5,0	2,5
SzD _{5%} (2)	0,8	0,8	0,4	38	26	4	1,8	1,7	1,4	0,6
Átlag (3)	3,1	2,5	1,6	251	136	13	5,2	5,1	4,2	2,1

Megjegyzés: As, Hg, Cd 1 g/ha kimutatási határ alatt, a Se 2–4 g/ha között.

Table 7. The effect of treatments on the element uptake of alfalfa between 2001–2004, sums of the eight mowings (carbonated sandy soil in the Danube-Tisza mid-region, Órbottyán). (1) NPK treatment, (2) LSD_{5%}, (3) Average. Note: As, Hg, Cd are below the 1 g ha⁻¹ limit of detection, Se content: 2–4 g ha⁻¹.

8. táblázat. *Kezelések hatása a lucerna széna takarmányértékére 2004. 05. 24-én (Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)*

Kezelés NPK (1)	Légszárazanyag %-ában (2)					Karotin mg/kg (8)
	Nyers- fehérje (3)	Nyers- rost (4)	Nyers- hamu (5)	Nyers- cukor (6)	Nyers-zsír (7)	
000	17	17	8,4	8,2	1,8	4,7
110	18	17	8,3	7,8	1,9	7,6
111	22	17	8,3	7,4	2,0	8,6
112	22	17	8,9	7,2	2,0	10,4
113	27	18	8,7	7,9	1,8	9,4
220	18	17	8,3	6,9	1,9	6,4
221	19	16	8,1	7,8	2,0	8,6
222	21	18	8,2	7,7	2,0	8,2
223	23	18	8,3	7,0	1,9	8,5
224	24	17	8,4	7,7	2,3	10,6
SzD _{5%} (9)	5	4	1,5	3,1	0,4	4,8
Átlag (10)	21	17	8,4	7,6	2,0	8,3

Table 8. The effect of treatments on the nutritional value of alfalfa hay on the 24th May 2004 (carbonated sandy soil in the Danube-Tisza mid-region, Órbottyán). (1) NPK treatment, (2) In the percentage of air-dry matter, (3) Raw protein, (4) Raw fibre, (5) Raw ash, (6) Raw sugar, (7) Raw fat, (8) Carotin mg kg⁻¹, (9) LSD_{5%}, (10) Average.

A mezőföldi mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított kísérletben a szénatermés 5-szörösére nőtt a 100 kg/ha/év N-adaggal az erősen N-hiányos kontrollhoz viszonyítva. A további N-adagok sem érdemi terméstoöbbletet, sem depressziót nem okoztak (Kádár 2006).

A kívánatosnak tekintett 10–15%-os nyersfehérje tartalmat a 1. kaszálású gyepermeszény csernozjom talajon még a 300 kg/ha/év kezelésben is alig éri el. Hasonlóképpen a kedvezőnek tartott 2:1 körüli nyersrost: nyersfehérje arányt még ez a maximális N-adag sem képes biztosítani. A 0 és a 100 kg/ha/év kezeléseknél 5:1 feletti ez az arány, mely extrém N-hiányra utal. A takarmányozási szempontból szükséges 2–3% nyerszsír helyett 1%-ot találunk. A N-táplálás általában mérsékli a rost, hamu és a szénhidrátok (cukor) képződését a fehérje és a karotin arányát növelve. Esetünkben olyan mérvű N-hiány lépett fel a N-kontroll talajon, mely már a rostképződést is gátolta. Ez magyarázza a mérsékeltebb N-kínálat rosttartalomra gyakorolt pozitív hatását (9. táblázat).

9. táblázat. *N-trágyázás hatása a gyepszéna takarmányértékére 2002. 05. 28-án (Mezőföldi mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök) (Kádár 2006)*

Kezelés N kg/ha/év (1)	Széna t/ha (2)	Légszáranyag %-ában (3)					Karotin mg/kg (9)
		Nyers fehérje (4)	Nyers- rost (5)	Nyers- hamu (6)	Nyers- cukor (7)	Nyers- zsír (8)	
0	1,1	6,0	31	7,6	8,6	1,2	0,6
100	5,4	6,2	34	5,3	6,8	0,8	0,8
200	5,7	9,7	33	5,3	4,9	0,9	1,3
300	5,9	11,1	32	5,4	5,2	1,1	0,9
SzD _{5%} (10)	0,4	0,5		0,4	0,6	0,2	0,3
Átlag (11)	4,5	8,3	32	5,9	6,4	1,0	0,9

Table 9. The effect on the nutritional value of grass hay on 28th May 2002 (Mezőföld calcareous chernozem adobe soil, Nagyhörcsök) (Kádár 2006). (1) N treatment, N kg ha⁻¹ year⁻¹, (2) Hay t ha⁻¹, (3) In the percentage of air-dry matter, (4) Raw protein, (5) Raw fibre, (6) Raw ash, (7) Raw sugar, (8) Raw fat, (9) Carotin mg kg⁻¹, (10) LSD_{5%}, (11) Average.

Ezzel ellentétben változott Mezőföldön a nyerszsír tartalma, mely az N₁ szinten 1/3-ával csökkent, majd a javuló N-kínálattal ismét emelkedett. Amint az várható volt, a N-adaggal az összes cukor mennyisége visszaesett a nyershamuval együtt, míg a nyersfehérje készlete közel kétszeresére nőtt. Megemlítjük, hogy kísérletünkben a K-trágyázás nyersrostban és nyershamuban gazdagabb fűszénát eredményezett. A K-bősség közismerten segítheti a rost és a szénhidrátok képződését és fontos hamualkotó. Hatása ellentétes lehet a N hatásával (Kádár és Győri 2004).

A lucernaszéna tehát, mint takarmány a gyepszénához viszonyítva fehérjében 2-4-szeresen gazdagabb, rosttartalmában viszont szegényebb, így a nyersrost/nyersfehérje aránya szűk, 1 alatt van általában. A lucerna nyershamu készlete is nagyobb, hiszen ásványi sókban dúsabb. A nyerscukor mennyisége szintén meghaladja a gyepszénában mértet, míg a nyerszsír átlagosan kétszerese. A karotin nagy része elbomlott a szénákban a tárolás, szárítás eredményeképpen, az abszolút mennyiségek nem mérvadók. A lucernaszénában azonban nagyságrenddel több karotin volt kimutatható átlagosan, mint a pillangós nélküli gyepszénában.

A zöld növények legfontosabb fotoszintetikus pigmentjei között említhető a klorofill és a karotenoidok. A növényre jutó fény egy részét ezek a sejtalkotók nyelik el, ill. hasznosítják a fotoszintézis során. Az újabb kutatások szerint a karotin, a karotinoid pigment-csoport alapvető alkotója, nemcsak a fotoszintézist segíti a fény abszorpciójával és a fényenergia szállításával, hanem a klorofill oxidatív károsodása ellen is védelmet nyújt. Azon túl, hogy általános antioxidánsok, védőanyagok, az A-vitamin provitaminjaként vitaminforrásul is szolgálnak. A lucerna takarmányértéke nagy, részben helyettesítheti a koncentrált takarmányokat.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a 49042 és 68665 sz. OTKA, valamint a CRO-13/2006 sz. pályázat eredményeként az NKTH és a KPI támogatásával jött létre, mely támogatás forrása a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap.

IRODALOM

- Bergmann, W.*: 1992. Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag. Jena-Stuttgart-New York.
- Csathó P.–Kádár I.*: 1987. A köles és a lucerna tápelemfelvételének vizsgálata tartamkísérletben. Növénytermelés. 36. 4: 443–453.
- Csathó P.–Kádár I.*: 1989. A lucerna tápelemfelvétele meszes csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 38: 381–394.
- 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.
- Kádár I.*: 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest.
- Kádár I.–Győri Z.*: 2004. Műtrágyázás hatása a telepített gyp takarmányértékére és tápanyaghozamára. 2. Gyepgazd. Közl. 2: 46–56.
- Kádár I.*: 2006. Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gypen. Minőség, tápanyaghozam. 8. Gyepgazd. Közl. 4: 121–130.
- Kádár I.–Radics L.*: 2010. Műtrágyázás hatása a lucerna fejlődésére és termésére karbonátos homoktalajon. Növénytermelés. 59. 2: 33–52.
- Kjeldahl, J.*: 1891. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. Zeitschr. f. analyt. Chemie. 22: 366–382.
- Kozák M.*: 1977. A kálium műtrágyázás hatása a búza, kukorica és takarmányborsó termésére és tápanyagtartalmára. Agrokémia és Talajtan. 26: 363–378.

Kozák M.–Szemes I.: 1984. Összefüggések a lucerna tápanyagellátottsága, szénahozama és a karbonátos homoktalajok tulajdonságai között. *Agrokémia és Talajtan*. 33: 245–252.

Simkins, C. A.–Overdahl, C. J.–Grava, J.: 1970. Fertilizer for alfalfa. Univ. of Minnesota. Extension Folder 255. St. Paul. Minnesota. USA.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

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