

## N-műtrágyák hatásának vizsgálata tenyészedény-kísérletekben II. Semleges vályogtalaj (Martonvásár)

KÁDÁR IMRE és PUSZTAI ANTAL

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Előző közleményünkben beszámoltunk a meszes homoktalajjal végzett tenyészedény-kísérletünk főbb eredményeiről, melyet azonos kezelésekkel állítottunk be 1991-ben 6 leveles korú kukoricánövénnyel. Összefoglalóan megállapítottuk (KÁDÁR & PUSZTAI, 1997), hogy:

- A talaj  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  nem változott a műtrágyaterhelés hatására, a meszes homok képes volt a kezelések savanyító hatásait ellensúlyozni.

- A talajok  $\text{NH}_4\text{-N}$ - és  $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalma az alkalmazott N-trágya formákat tükrözte. A nitrifikáció gátolt volt.

- A legnagyobb növényi szárazanyag-termelést az  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -műtrágya adta, a  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  forma pedig hatástalan maradt. A túlzott P- és K-trágyázás termés-csökkenéshez vezetett.

- A N-mérleg egyenlegei szerint gyakorlatilag a teljes műtrágya-N kimutatható volt a talaj vizsgált ásványi frakcióiban + növényi felvételben a  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  és  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -kezelésekben, míg a  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  és  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  formában adott N esetén 30-40 % hiány mutatkozott. Utaltunk rá, hogy a veszteség egyaránt jelenthet légköri elillanást, ill. a N beépülését más, általunk nem vizsgált frakciókba.

Mivel korábbi munkáinkban a téma irodalmát is áttekintettük (PUSZTAI & KÁDÁR, 1980; KÁDÁR et al., 1988), rátérünk a kísérlet ismertetésére. Megemlítjük, hogy fő célunk a gyors tápanyagfeltöltés, az ionstressz talajra és növényre gyakorolt hatásának megismerése, a talaj N-forgalmának, esetleges deformációjának nyomon követése volt. Ezért olyan eltérő tápláltsági szituációkat alkalmaztunk, melyek egyaránt reprezentálhatták az extrém hiány, túlsúly és kiegyensúlyozott trágyázás viszonyait. Hasonló körülmények előfordulhatnak szabadföldön, üzemi viszonyok között is (SZABÓ, 1996; NÉMETH, 1996; CSATHÓ, 1993; SARKADI, 1975).

### Anyag és módszer

Az edényeket 1992 tavaszán állítottuk be az Intézet tenyészedényházában semlegeshez közeli vályogtalajjal, mely az Intézet martonvásári kísérleti tele-

pének szántott rétegéből származott. A talaj főbb jellemzői: leiszapolható rész mennyisége: 50 %;  $K_A$ : 40; humusz: 2,6 %;  $y_1$ : 3,1;  $pH_{(KCl)}$ : 5,8;  $pH_{(H_2O)}$ : 6,9; AL- $P_2O_5$ : 59 ppm, AL- $K_2O$ : 174 ppm. A tápelem-vizsgálatok szerint foszforral gyengén, káliummal, valamint Fe, Mn, Zn, Cu mikroelemekkel kielégítően ellátott. Mikroelemhiányokat a szabadföldi kultúrák sem jeleztek e termőhelyen.

A kísérletben 2 kg/edény légszáraz talajjal dolgoztunk 5 N-forma x 3 P-ellátás x 3 K-ellátás = 45 kezelésben és 3 ismétléssel, azaz összesen 135 edénnyel. Az alkalmazott trágya formákat és adagokat az alábbiakban részletezzük.

*N-trágyázás* egységesen 500 mg/kg N. Felhasznált műtrágyák:

1. Kontroll	= 0	g/edény
2. $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	= 8,43	g/edény
3. $(NH_4)_2SO_4$	= 4,88	g/edény
4. $NH_4NO_3$	= 2,86	g/edény
5. $CO(NH_2)_2$	= 2,16	g/edény

*P-trágyázás*  $Ca(H_2PO_4)_2$  összetételű 17 %-os őrlött szuperfoszfáttal:

1. 0 mg/kg $P_2O_5$	= 0	g/edény műtrágya
2. 500 mg/kg $P_2O_5$	= 5,81	g/edény műtrágya
3. 1000 mg/kg $P_2O_5$	= 11,63	g/edény műtrágya

*K-trágyázás* 45 %-os  $K_2SO_4$  formájában:

1. 0 mg/kg $K_2O$	= 0	g/edény műtrágya
2. 500 mg/kg $K_2O$	= 1,85	g/edény műtrágya
3. 1000 mg/kg $K_2O$	= 3,70	g/edény műtrágya

Az edények aljára 200 g kavicsot helyeztünk, mielőtt az átrostált és műtrágyával összekevert talajt betöltöttük. Az öntözés desztillált vízzel történt 2-3 naponta igény szerint. Az alul perforált műanyag edényekből kifolyt vizet visszaöntöttük. A foszfort, káliumot és a nitrogén 1/3-át beállítás előtt kevertük szárazon a talajba, míg a fejtrágyaként adott nitrogént a kelést követő 2. és 4. héten az öntözővízzel adagoltuk. Edényenként 7-7 kukoricaszemet vetettünk május közepén, majd kelés után az egyelést 5-5 növény/edény növényszámra végeztük el. A tenyészidő kb. 5-6 hétig tartott, az edényeket június végén bontottuk el.

Az átlagosan kb. 30-40 cm magas, 6 leveles korú kukorica betakarítása a növedék földfeletti hajtásának levágását jelentette. A hajtás tömegét edényenként lemértük, megszártítottuk, visszamértük és meghatároztuk a fontosabb makro- és mikroelemek mennyiségét a 45 kezelésben. Jelzőnövényként a P-3732 hibrid szolgált. Betakarítás után az edények talaját átrostáltuk és a nagyobb gyökérmaradványokat eltávolítva 10-15 pontból átlagmintákat vettünk analízisre. A mintákban meghatároztuk a felvehető P- és K- tápelemeken túl az ásványi-N formákat BREMNER & KEENEY (1966) szerint, valamint a  $pH_{(KCl)}$  értékeit kezelésenként.

Mivel a PxK kölcsönhatások elhanyagolhatóak voltak, ismétlésül szolgálhattak. A továbbiakban a 45 kezelés helyett csak az NxP, ill. NxK kétirányú táblázatok adatainak bemutatására szorítkozunk.

## Kísérleti eredmények

A talajok  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  értéke a  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -kezelésben bizonyíthatóan emelkedett, míg az erősen savanyító hatású  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -kezelésben 4,4 értékre süllyedt. Ez drasztikus változást jelent, hiszen az eredetileg semlegeshez közeli, ill. enyhén savanyú talaj erősen savanyúvá vált. A  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  adatok az elmondottakat szintén alátámasztják. Megállapítható az is, hogy a P-, ill. a K-terhelés a pH értékeit nem befolyásolta kimutathatóan. Elméletileg a szuperfoszfát-műtrágya is savanyító hatású lehet, szabad savtartalmától függő mértékben. Szabadföldi viszonyok között a  $\text{K}_2\text{SO}_4$ -műtrágya is erősen savanyíthat, hiszen a növények a káliumot nagyságrenddel nagyobb mennyiségben veszik fel, mint a S elemet. Tenyészedenyben a növényi felvétel szerepe elhanyagolható az adott mennyiségekhez képest, így a  $\text{K}_2\text{SO}_4$  fiziológiai savanyító hatása sem jelentkezik (1. táblázat).

Az AL-P értékek nagyságrenddel nőnek a P-trágyázás nyomán és csökkennek a  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - és részben a karbamidkezelésekben, melyek savanyító hatását e talajban a 2. táblázatban láthatjuk. Az AL-K megnő a K szinteken, valamint süllyed minden N forma esetén. Ismert, hogy az  $\text{NH}_4^+$  és a  $\text{K}^+$  kicserélheti

## 1. táblázat

A tenyészedeny-kísérlet semleges vályogtalajának (Martonvásár)  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  és  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  értéke (1992)

(1) P és K szint	(2) Kont- roll $\text{N}_0$	(3) N formák				(4) SzD <sub>5%</sub>	(5) Átlag
		$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$		
$\text{pH}_{(\text{KCl})}$							
P <sub>0</sub>	5,9	6,4	4,4	5,3	5,0	0,4	5,4
P <sub>1</sub>	5,8	6,4	4,2	5,5	5,5		5,5
P <sub>2</sub>	5,8	6,4	4,6	5,6	5,7		5,6
K <sub>0</sub>	5,8	6,4	4,3	5,4	5,4		5,5
K <sub>1</sub>	5,8	6,4	4,5	5,5	5,5		5,5
K <sub>2</sub>	5,9	6,4	4,4	5,4	5,4		5,5
a) Átlag	5,8	6,4	4,4	5,4	5,4	0,2	5,5
$\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$							
P <sub>0</sub>	6,9	7,1	4,9	6,1	6,0	0,6	6,2
P <sub>1</sub>	6,5	7,1	4,7	6,2	6,3		6,2
P <sub>2</sub>	6,3	7,1	5,1	6,2	6,4		6,2
K <sub>0</sub>	6,6	7,1	4,9	6,2	6,2		6,2
K <sub>1</sub>	6,6	7,1	5,0	6,2	6,3		6,2
K <sub>2</sub>	6,6	7,1	4,9	6,1	6,1		6,2
a) Átlag	6,6	7,1	4,9	6,2	6,2	0,3	6,2

egymást a kristályrácsokban méretükből adódóan. Az AL-kivonatban megfigyelt K-tartalmak csökkenése a K-ionok bezárását mutatja az agyagásvány rácsaiba. Ez a jelenség az  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  forma esetén logikusan a legkifejezettebb, hiszen itt a szabad  $\text{NH}_4^+$ -ionok talajbani mennyisége a legnagyobb. Az AL- $\text{K}_2\text{O}$

## 2. táblázat

A tenyészedény-kísérlet semleges vályogtalajának AL-oldható  $\text{P}_2\text{O}_5$ -,  $\text{K}_2\text{O}$ -, Ca- és Na-, valamint KCl+EDTA oldható Fe-, Zn- és Cu-tartalma (1992)

(1) P és K szint	(2) Kontroll $\text{N}_0$	(3) N formák				(4) SzD <sub>5%</sub>	(5) Átlag
		$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$		
<b>AL-<math>\text{P}_2\text{O}_5</math>, ppm</b>							
$\text{P}_0$	74	63	45	57	57	67	59
$\text{P}_1$	398	365	227	327	296		323
$\text{P}_2$	857	923	671	818	729		780
$\text{K}_0$	435	426	291	369	352	39	375
$\text{K}_1$	424	476	356	431	368		411
$\text{K}_2$	469	449	295	403	362		396
a) Átlag	443	450	314	401	361		394
<b>AL-<math>\text{K}_2\text{O}</math>, ppm</b>							
$\text{P}_0$	419	343	203	331	295	91	318
$\text{P}_1$	447	242	157	199	213		252
$\text{P}_2$	446	288	165	213	211		265
$\text{K}_0$	206	194	118	187	164	53	174
$\text{K}_1$	417	265	192	228	238		268
$\text{K}_2$	689	414	215	327	317		392
a) Átlag	437	291	175	247	240		278
<b>AL-Ca, ppm</b>							
$\text{P}_0$	351	417	357	363	321	71	362
$\text{P}_1$	393	464	458	446	399		432
$\text{P}_2$	482	560	631	607	536		563
$\text{K}_0$	417	464	470	446	399	41	439
$\text{K}_1$	393	500	512	512	417		467
$\text{K}_2$	417	476	464	458	441		451
a) Átlag	409	480	482	472	419		452
<b>AL-Na, ppm</b>							
$\text{P}_0$	109	137	132	109	143	37	126
$\text{P}_1$	107	146	152	132	185		144
$\text{P}_2$	123	160	158	175	168		157
a) Átlag	113	148	147	139	165	22	142

2. táblázat folytatása

(1) P és K szint	(2) Kont- roll N <sub>0</sub>	(3) N formák				(4) SzD <sub>5%</sub>	(5) Átlag
		Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>		
<b>KCl+EDTA-Fe, ppm</b>							
P <sub>0</sub>	116	116	130	124	120		121
P <sub>1</sub>	134	134	145	139	129	32	136
P <sub>2</sub>	168	156	160	160	159		160
a) Átlag	140	135	145	141	136	17	139
<b>KCl+EDTA-Zn, ppm</b>							
P <sub>0</sub>	3,0	3,3	3,0	3,3	3,3		3,2
P <sub>1</sub>	3,5	3,5	2,9	3,3	3,7	0,8	3,4
P <sub>2</sub>	4,2	5,1	3,9	4,2	3,9		4,2
a) Átlag	3,6	4,0	3,2	3,6	3,6	0,5	3,6
<b>KCl+EDTA-Cu, ppm</b>							
P <sub>0</sub>	5,0	5,2	5,0	5,3	4,8		5,1
P <sub>1</sub>	5,1	5,4	4,2	4,2	4,5	1,0	4,7
P <sub>2</sub>	4,4	4,4	4,1	4,3	4,3		4,3
a) Átlag	4,9	5,0	4,4	4,6	4,5	0,6	4,7
Mn*	375	373	350	366	365	18	366
Mg**	361	290	377	364	339	27	346

\* KCl+EDTA-Mn, ppm \*\* AL-Mg, ppm (P- és K-szintek átlagában)

koncentrációja e kezelésben a kontroll 40 %-ára esik vissza. Azonban 1/3-ával csökken az AL-K<sub>2</sub>O mennyisége a Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-kezelésben is, mely talán a műtrágya Ca-komponensének hatásával, K-kiszorító antagonistá szerepével magyarázható (2. táblázat).

Az AL-oldható Ca mennyisége követi a P-szinteket, hiszen a szuperfoszfát-műtrágya egyben Ca-forrás. Valamelyest emelkedik az AL-Ca értéke a trágya formák nyomán is. Talán abból eredően, hogy a 3,8 pH<sub>(KCl)</sub> értékű, erősen savanyú AL-oldat oldó hatását a pH-csökkentő N formák tovább erősíthetik, míg az ez alól kivételt jelentő Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-műtrágya viszont jelentős Ca-forrás. Mindez mutatja a kémiai módszerekkel kapott talajelemzési adataink viszonylagosságát, az ellátottsági határértékek megállapításának nehézségeit (2. táblázat).

Az AL-oldatban kimutatott Na koncentrációja tendenciájában vagy statisztikailag is igazolhatóan emelkedett a P-szintekkel és a N formákkal egyaránt. A jelenséget csak konstatáljuk, magyarázattal nem szolgálhatunk. Az extrém túltrágyázás, az ionstressz megváltoztathatja tehát a talaj kemizmusát. Megvizsgáltuk a fontosabb esszenciális mikroelemek felvehető mennyiségét a hazánkban is használatos 0,1 N KCl + 0,05 M dinátrium EDTA kioldással, ahol a talaj:oldószer aránya 1:2, a rázatási idő 2 óra. Eredményeinket a 3. táblázat foglalja össze.

A KCl+EDTA oldószerben mért adatok szerint a P-szintekkel mérsékelten emelkedett az oldható Fe és Zn, valamint csökkent a Cu koncentrációja. A N formák érdemben nem befolyásolták e három mikroelem KCl+EDTA-oldható mennyiségeit. Mivel a KCl+EDTA-oldható Mn, valamint az AL-oldható Mg-tartalom a P- és a K-szinteken nem változott, azt a P- és K-kezelések átlagaiban közöljük a N formák függvényében. Úgy tűnik, hogy a  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  forma méréselkelheti az AL-Mg koncentrációit, bár ez a mérséklés nem jelentős, 20 % körüli (3. táblázat).

3. táblázat

A tenyészedény-kísérlet semleges vályogtalajának (Martonvásár)  
 $\text{NH}_4\text{-N}$ -,  $\text{NO}_3\text{-N}$ - és  $\text{NH}_4\text{+NO}_3\text{-N}$ -tartalma (1992)

(1) P és K szint	(2) Kont- roll $\text{N}_0$	(3) N formák				(4) SzD <sub>5%</sub>	(5) Átlag
		$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$		
<b><math>\text{NH}_4\text{-N}</math>, ppm</b>							
$\text{P}_0$	4	9	224	62	21	68	64
$\text{P}_1$	3	7	159	29	15		43
$\text{P}_2$	6	10	82	41	9		30
$\text{K}_0$	4	8	173	50	19	40	51
$\text{K}_1$	1	8	138	42	15		41
$\text{K}_2$	8	10	154	40	10		45
a) Átlag	4	9	155	44	15		45
<b><math>\text{NO}_3\text{-N}</math>, ppm</b>							
$\text{P}_0$	1	200	26	141	121	54	98
$\text{P}_1$	6	19	10	13	10		11
$\text{P}_2$	5	8	9	10	13		9
$\text{K}_0$	7	94	16	57	54	32	46
$\text{K}_1$	2	69	13	50	43		35
$\text{K}_2$	2	64	17	56	47		37
a) Átlag	4	75	15	55	48		39
<b><math>\text{NH}_4\text{+NO}_3\text{-N}</math>, ppm</b>							
$\text{P}_0$	5	209	250	203	142	74	162
$\text{P}_1$	9	26	169	42	25		65
$\text{P}_2$	11	18	91	51	22		39
$\text{K}_0$	11	102	189	107	73	42	97
$\text{K}_1$	3	77	151	92	58		76
$\text{K}_2$	10	74	171	96	57		82
a) Átlag	8	84	170	99	63		84

A talajbani ásványi-N formákat vizsgálva megállapítható, hogy azok lényegében követik az adott trágya-N formákat. A korábbi meszes homoktalajhoz viszonyítva azonban az is látható, hogy itt a nitrifikáció előrehaladottabb, az ammónia formában adott  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , de különösen a karbamidkezelés  $\text{NH}_4$ -ionja jórészt nitráttá alakult a talajban. Mind az ammónia, mind a nitrát mennyisége csökkenő a P- és K-trágyázással. Ez a csökkenés különösen a  $\text{NO}_3$ -N esetén drasztikus a P szinteken. A megfelelő P-ellátás egyaránt elősegíti a termés és a növényi  $\text{NO}_3$ -felvételt, ill. a  $\text{NO}_3$ -N fehérjékbe való beépülését. A nagyságrendi talajbani  $\text{NO}_3$ -N csökkenés azonban ezzel a jelenséggel valószínűleg nem teljesen magyarázható. Fel kell tennünk, hogy az extrém adagú szuperfoszfát terhelés nyomán a nitrogén jelentős része elveszett, talán a légkörbe távozott vagy általunk nem vizsgált frakciókba épült be a talajban (3. táblázat).

## 4. táblázat

A 6 leveles kukorica hajtásának szárazanyaghozamai (g/edény)  
(Tenyészedény-kísérlet martonvásári semleges vályogtalajjal, 1992)

(1) P és K szint	(2) Kont- roll $\text{N}_0$	(3) N formák				(4) SzD <sub>5%</sub>	(5) Átlag
		$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$		
$\text{P}_0$	5	8	15	11	11	4	10
$\text{P}_1$	5	21	26	25	26		21
$\text{P}_2$	6	23	28	28	32		24
$\text{K}_0$	5	18	20	19	20	2	16
$\text{K}_1$	5	17	23	22	25		18
$\text{K}_2$	5	18	26	22	25		19
a) Átlag	5	18	23	21	23		18

A hajtás szárazanyaghozamai alapján megállapítható, hogy e talajon a N formák csaknem egyaránt jól érvényesültek, bár a  $\text{NO}_3$  forma enyhén alacsonyabb terméseket adott. Kiemelkedőek a P-hatások, mivel a  $\text{P}_0$  szintek termése 2-3-szorosára emelkedik a  $\text{P}_1$  és  $\text{P}_2$  szinteken. A meszes homoktalajtól eltérően depressziót a  $\text{P}_2$  szinten sem tapasztalunk. A K-hatások ugyanakkor jelentéktelenek, a vályog K-készlete trágyázás nélkül is képes fedezni a fiatal kukorica igényét (4. táblázat).

A növényi hajtás N %-a a kontrollban mért 1,3-ről átlagosan 3 körüli értékre emelkedik, de szignifikáns eltérés nem jelentkezik a N formák függvényében. A N %-ok viszont csökkennek a javuló P-ellátással, mely részben a termésemelkedéssel előálló hígulási effektusnak tudható be. A P %-ok átlagosan 2,5-szeresére emelkednek szintén a javuló P-kínálattal, míg a N formák és a K-ellátás érdemi hatást nem gyakorol e mutatóra. A K %-a legmagasabb a kontroll talajon az alacsony termésszinten, legalábbis a N főátlagait tekintve. Természetesen

5. táblázat  
A 6 leveles kukorica hajtásának növényelemzési eredményei  
(Tenyészedény-kísérlet martonvásári semleges vályogtalajjal, 1992)

(1) P és K szint	(2) Kont- roll N <sub>0</sub>	(3) N formák				(4) SzD <sub>5%</sub>	(5) Átlag
		Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>		
N %							
P <sub>0</sub>	1,42	3,34	3,18	3,45	3,52	0,76	2,98
P <sub>1</sub>	1,21	3,15	2,81	2,84	2,94		2,59
P <sub>2</sub>	1,29	2,74	2,59	2,51	2,49		2,33
K <sub>0</sub>	1,55	3,02	3,05	3,15	3,23	0,45	2,80
K <sub>1</sub>	1,20	3,09	2,82	2,88	2,88		2,58
K <sub>2</sub>	1,17	3,12	2,71	2,78	2,83		2,52
a) Átlag	1,31	3,08	2,86	2,94	2,98		2,63
P %							
P <sub>0</sub>	0,27	0,22	0,20	0,19	0,20	0,12	0,22
P <sub>1</sub>	0,50	0,40	0,52	0,46	0,49		0,47
P <sub>2</sub>	0,59	0,51	0,60	0,56	0,56		0,56
K <sub>0</sub>	0,48	0,40	0,49	0,46	0,46	0,08	0,46
K <sub>1</sub>	0,46	0,38	0,42	0,38	0,39		0,40
K <sub>2</sub>	0,42	0,36	0,42	0,38	0,40		0,40
a) Átlag	0,45	0,38	0,44	0,40	0,42		0,42
K %							
P <sub>0</sub>	3,93	4,57	4,18	4,39	4,35	0,90	4,28
P <sub>1</sub>	4,46	3,42	3,50	3,50	3,54		3,68
P <sub>2</sub>	4,21	3,18	3,14	3,17	2,93		3,33
K <sub>0</sub>	3,88	2,60	2,51	2,65	2,57	0,50	2,84
K <sub>1</sub>	4,43	3,95	3,90	3,87	3,74		3,98
K <sub>2</sub>	4,28	4,62	4,41	4,54	4,51		4,47
a) Átlag	4,20	3,72	3,61	3,69	3,61		3,76
Ca %							
P <sub>0</sub>	0,36	0,85	0,40	0,58	0,61	0,42	0,56
P <sub>1</sub>	0,47	0,64	0,37	0,50	0,49		0,50
P <sub>2</sub>	0,47	0,67	0,62	0,37	0,37		0,50
K <sub>0</sub>	0,47	0,70	0,53	0,49	0,56	0,25	0,55
K <sub>1</sub>	0,46	0,79	0,34	0,49	0,41		0,50
K <sub>2</sub>	0,37	0,66	0,52	0,48	0,49		0,50
a) Átlag	0,43	0,72	0,46	0,49	0,49		0,52

5. táblázat folytatása

(1) P és K szint	(2) Kont- roll N <sub>0</sub>	(3) N formák				(4) SzD <sub>5%</sub>	(5) Átlag
		Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>		
Mg %							
P <sub>0</sub>	0,19	0,27	0,21	0,24	0,24	0,08	0,23
P <sub>1</sub>	0,15	0,37	0,22	0,28	0,29		0,26
P <sub>2</sub>	0,16	0,34	0,23	0,28	0,27		0,26
K <sub>0</sub>	0,21	0,43	0,32	0,39	0,37	0,04	0,34
K <sub>1</sub>	0,16	0,31	0,19	0,24	0,25		0,23
K <sub>2</sub>	0,13	0,24	0,15	0,18	0,27		0,18
a) Átlag	0,17	0,32	0,22	0,27	0,27		0,25
Na, ppm							
P <sub>0</sub>	150	79	33	57	69	34	78
P <sub>1</sub>	138	40	20	38	77		63
P <sub>2</sub>	101	30	50	20	8		42
K <sub>0</sub>	129	57	27	39	79	20	66
K <sub>1</sub>	150	71	23	33	29		61
K <sub>2</sub>	110	21	54	44	46		55
a) Átlag	130	50	34	38	51		61
Mn, ppm							
P <sub>0</sub>	48	78	87	74	82	34	74
P <sub>1</sub>	47	62	65	55	58		57
P <sub>2</sub>	48	56	58	54	52		54
K <sub>0</sub>	51	70	81	69	70	20	68
K <sub>1</sub>	49	62	65	58	58		58
K <sub>2</sub>	46	64	63	56	64		59
a) Átlag	47	65	70	61	64		62
Zn, ppm							
P <sub>0</sub>	10	21	25	29	20	12	21
P <sub>1</sub>	15	18	17	10	17		15
P <sub>2</sub>	13	12	13	12	15		13
K <sub>0</sub>	16	19	25	25	16	8	20
K <sub>1</sub>	9	18	16	11	15		14
K <sub>2</sub>	14	12	14	15	21		15
a) Átlag	13	17	18	17	17		16

5. táblázat folytatása

(1) P és K szint	(2) Kont- roll N <sub>0</sub>	(3) N formák				(4) SzD <sub>5%</sub>	(5) Átlag
		Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>		
Cu, ppm							
P <sub>0</sub>	3,9	4,0	5,4	4,2	5,0	5,2	4,5
P <sub>1</sub>	6,2	8,0	7,0	5,5	8,3		7,0
P <sub>2</sub>	7,3	8,0	6,8	7,2	7,5		7,4
K <sub>0</sub>	5,8	5,6	7,6	5,7	7,9	3,0	6,5
K <sub>1</sub>	5,1	8,5	6,0	5,2	5,4		6,0
K <sub>2</sub>	6,5	5,9	5,6	5,9	7,5		6,3
a) Átlag	5,8	6,7	6,4	5,6	6,9		6,3

Megjegyzés: A Fe 150-200 ppm átlagosan, kezeléshatások nem igazolhatók

emelkedik a K-kínálattal és csökken a P-ellátással. A N forma azonban a K %-okat nem módosította (5. táblázat).

Nem így áll a helyzet a Ca, Mg, Na kationokkal. Szignifikánsan megnő a hajtás Ca koncentrációja a Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-műtrágyázást követően. Mind a 4 N forma, de leginkább a Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> növeli az átlagos Mg-tartalmat. Látványosan jelentkezik a K/Mg antagonizmus, a Mg %-a közel a felére süllyed a K-kínálat nyomán. A Na esetén a hígulási effektus eredményeképpen, a kontrollhoz mért 130 ppm átlagos koncentráció felére-harmadára mérséklődik az NxP együttes trágyázással. A K/Na kationantagonizmus ugyanakkor nem érvényesül, inkább csak enyhe tendencia jelleggel figyelhető meg (5. táblázat).

A mikroelemek közül a Mn-tartalom emelkedése igazolható az (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> savanyító hatású műtrágyánál és hígulási jelenség a P szinteken. A Zn koncentrációja nő, ill. felvétele javul a N-trágyák alkalmazásával, valamint mérséklődik a P- és K-kínálattal. A P szinteken a Zn-tartalom csökkenése statisztikailag is igazolható, melyhez a hígulási effektus (növekvő terméstmeg) mellett az ismert P/Zn antagonizmus is hozzájárulhatott. A Cu-koncentráció változás egyértelműen és bizonyíthatóan nem jelentkezett, bár megemlítjük, hogy a kielégítő P-kínálattal a Cu-tartalom is nőtt tendenciájában, ill. a felvétele javult. A Fe-tartalom 150-200 ppm között ingadozott a hajtásban és nem reagált a kezelésekre (5. táblázat).

Végül bemutatjuk a N-felvétel és az összevont N-mérleg adatait a 6. táblázatban, melyekből megállapíthatók az alábbiak:

1. A kontrolltalajon fejlődött hajtás 67, míg a talaj 16, azaz összesen 83 mg/edény ásványi felvehető nitrogénnel rendelkezett.

2. A hajtás az edényenként adott 1000 mg N-nek mintegy a felét vette fel átlagosan, felvétel az NH<sub>4</sub>-N formákból volt nagyobb.

3. A kontrolltalaj N-szolgáltatását (83 mg/edény N) levonva megkapjuk a hiányt, mely az edényenként adott 1000 mg N, valamint a talaj+növény N összegének különbsége. Ez az ásványi-N veszteség 10 %-nak adódott az  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 30 % körülnek az  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  és karbamid, valamint 39 %-nak a  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  N formánál. A veszteség tehát elsősorban a  $\text{NO}_3\text{-N}$  formát érintheti.

6. táblázat

N-felvétel és N-forgalom a martonvásári semleges vályogtalajjal beállított tenyészedény-kísérletben (6 leveles kukorica hajtása, mg/edény)

(1) P szintek (K átlagai)	(2) Kontroll $\text{N}_0$	(3) N formák				(4) SzD <sub>5%</sub>
		$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	
a) Hajtásban						
P <sub>0</sub>	65	277	471	369	398	
P <sub>1</sub>	62	671	717	699	776	80
P <sub>2</sub>	75	627	738	703	802	
b) Átlag	67	525	642	590	659	48
c) Talajban	16	168	340	198	126	42
d) Összesen	83	693	982	788	785	135
e) Hiány*	0	-387	-101	-295	-298	

\* Az edényenként adott 1000 mg-hoz viszonyítva

### Összefoglalás

Semleges vályogtalajjal (Martonvásár) 1992 tavaszán tenyészedény-kísérletet állítottunk be az Intézet üvegházában. A  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  és  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  műtrágyákat eltérő P- és K-ellátottságon alkalmaztuk. A talaj az erdőmaradványos csernozjom szántott rétegéből származott, melynek főbb jellemzői: leiszapolható rész mennyisége: 50 %;  $K_A$ : 40; humusz: 2,6 %;  $y_1$ : 3,1;  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ : 5,8;  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ : 6,9; AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 59 ppm; AL-K<sub>2</sub>O: 174 ppm. A tápelemvizsgálatok szerint foszforral gyengén, káliummal, valamint Fe, Mn, Zn, Cu mikroelemekkel kielégítően ellátott.

A 2 kg-os edényekben 6 leveles korig, 6 héten át kukoricát neveltünk. A kísérlet végén mértük a növedék hajtásának tömegét, makro- és mikroelem-tartalmát, a talajokban pedig a felvehető P és K, valamint az ásványi-N formák mennyiségét. A kísérletben 5 N forma x 3 P-ellátás x 3 K-ellátás = 45 kezelést alkalmaztunk 3 ismétlésben, az összes edényszám 135 volt. A P-ellátás 0, 500, 1000 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/kg adagot jelentett porszuperfoszfát, a K-ellátás 0, 500, 1000 mg K<sub>2</sub>O/kg adagolást K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> formájában. A N-trágyákat egységesen 500 mg N/kg mennyiségben adagoltuk.

A kísérlet főbb eredményeit az alábbiakban foglaljuk össze:

1. Talajvizsgálatok szerint a  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  átlagosan 0,6 értékkel emelkedett a  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , ill. 1,4 értékkel süllyedt az  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  hatására. Nagyságrenddel nőtt a felvehető P koncentrációja és megduplázódott az AL-K mennyisége a maximális P- és K-szinteken. A N-műtrágyák módosították az AL-P-tartalmakat is a talajban a pH változásán keresztül.

2. A talajok  $\text{NH}_4\text{-N}$  és  $\text{NO}_3\text{-N}$  készlete részben az alkalmazott N-trágya formáknak felelt meg, de előrehaladt a nitrifikáció is. Ez alól a savanyító  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  forma kivétel, nagy mennyiségű  $\text{NH}_4\text{-N}$  akkumulációt eredményezve a talajban.

3. A N formák csaknem egyaránt jól érvényesültek e talajon, bár a  $\text{NO}_3\text{-N}$  forma enyhén mérsékeltebb terméseket adott. A P-trágyázás 2-3-szorosára növelte a hozamokat, a K hatástalan maradt. A homoktalajtól eltérően az extrém P- és K-adagok sem okoztak depressziót.

4. A növényi összetétel látványosan jelezte a N-, P-, K-ellátottsági szituációkat. Változott a Ca-, Mg-, Mn- és Zn-koncentráció is a pH-viszonyok, ill. az antagonizmusok következtében.

5. A növények átlagosan mintegy felét hasznosították a műtrágya-N-nek, felvétel az  $\text{NH}_4\text{-N}$  formákból volt nagyobb. A talajban + növényben talált N összege arra utalt, hogy a  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  10 %, az  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  és  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  30 %, a  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  N-je pedig kereken 40 % hiányt mutatott. Ez a N-hiány légköri ellátást szenvedhetett, ill. beépülhetett a talaj más, általunk nem vizsgált frakcióiba.

### Irodalom

- BREMNER, J. M. & KEENEY, D. R., 1966. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils. 3. Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by extraction-distillation methods. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **30**. 577-587.
- CSATHÓ P., 1993. Kálium műtrágyahatásokat befolyásoló tényezők. Kandidátusi értekezés. Budapest.
- KÁDÁR I. & PUSZTAI A., 1997. N-műtrágyák hatásának vizsgálata tenyészedeny-kísérletekben. I. Meszes homoktalaj (Őrbottyán). *Agrokémia és Talajtan.* **46**. 217-230.
- KÁDÁR I., PUSZTAI A. & SÜLYÖK L., 1988. A meszezés és műtrágyázás együttes hatásának vizsgálata tenyészedeny kísérletben. I. Talajvizsgálati és terméseredmények. *Agrokémia és Talajtan.* **36-37**. 223-238.
- NÉMETH T., 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI. Budapest.
- PUSZTAI A. & KÁDÁR I., 1980. Nitrogénforgalmi vizsgálatok mészlepedékes csernozjom talajon modellkísérletben. *Agrokémia és Talajtan.* **29**. 251-272.
- SARKADI J., 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. *Mezőgazd. Kiadó*. Bpest.
- SZABÓ L., 1996. Mezőgazdasági termelés hatása a környezetre. In: *Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban.* (Szerk.: THYLL Sz.) 225-259. *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest.

*Érkezett: 1997. május 2.*

## Studies on the Effect of N Fertilizers in Pot Experiments. II. Neutral Loamy Soil (Martonvásár)

I. KÁDÁR and A. PUSZTAI

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

### Summary

A pot experiment was set up in the Institute's greenhouse in spring 1992 using a neutral loamy soil from Martonvásár. The  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  and  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  fertilizer forms were applied in combination with various P and K supply rates. The soil was taken from the ploughed layer of a chernozem soil with forest residues, the major characteristics of which were as follows: silt content. 50%; Upper limit of plasticity according to Arany ( $K_A$ ): 40; humus: 2.6%;  $y_1$ : 3.1;  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ : 5.8;  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ : 6.9; AL- $\text{P}_2\text{O}_5$ : 59 ppm; AL- $\text{K}_2\text{O}$ : 174 ppm. According to nutrient analysis the soil was poorly supplied with P and had a satisfactory supply of K and of the microelements Fe, Mn, Zn and Cu.

Maize was grown in the 2 kg pots for 6 weeks, to the 6-leaf stage. At the end of the experiment measurements were made on the mass and macro- and microelement contents of the shoot and on the quantities of P, K and major mineral N forms in the soil. The experiment included 5 N forms x 3 P levels x 3 K levels = 45 treatments, each in 3 replications. The total number of pots was thus 135. The P supply levels were 0, 500 and 1000 mg  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{kg}$  in the form of powdered superphosphate, while the K rates were 0, 500 and 1000 mg  $\text{K}_2\text{O}/\text{kg}$  in the form of  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . The N fertilizers were applied uniformly at a rate of 500 mg N/kg.

The results of the experiment can be summarized as follows:

1. According to the soil analyses the  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  rose by an average of 0.6 after the application of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  and dropped by 1.4 as the result of  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  application. The quantity of available P rose by an order of magnitude and the AL-K value was doubled at the maximum P and K levels. The N fertilizers also modified the AL-P contents in the soil due to the pH changes.

2. The  $\text{NH}_4\text{-N}$  and  $\text{NO}_3\text{-N}$  contents of the soil conformed to some extent to the N fertilizer forms applied, but there was also an advanced state of nitrification. The only exception to this was  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , which had an acidifying effect and led to a considerable accumulation of  $\text{NH}_4\text{-N}$  in the soil.

3. The N forms were almost equally efficient in this soil, though the  $\text{NO}_3\text{-N}$  form produced a somewhat lower yield. P fertilization increased yields two or three times, but K had no effect. In contrast to the sandy soil, even extreme rates of P and K caused no yield depression.

4. Plant analysis clearly reflected the NPK supply status. The concentrations of Ca, Mg, Mn and Zn also changed as the result of altered pH and of antagonisms.

5. On average the plants utilized about a half of the fertilizer N, with the largest uptake from the  $\text{NH}_4\text{-N}$  form. The total N found in soil + plant indicated deficiencies of 10% for the N from  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 30% for  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  and  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  and 40% for

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . This could be attributed to evaporation into the atmosphere or to incorporation into other fractions of the soil, not included in the present analysis.

*Table 1.*  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  and  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  values of the neutral loamy soil (Martonvásár) used in the pot experiment, 1992. (1) P and K levels. a) Mean. (2) Control. (3) N forms. (4)  $\text{LSD}_{5\%}$ . (5) Mean. Note: the  $\text{LSD}_{5\%}$  values refer to the same columns and rows in each table.

*Table 2.* AL-soluble  $\text{P}_2\text{O}_5$ -,  $\text{K}_2\text{O}$ -, Ca- and Na- and KCl+EDTA-soluble Fe-, Zn- and Cu-contents of the neutral loamy soil (Martonvásár) used in the pot experiment, 1992. (1) P and K levels. a) Mean. (2) Control. (3) N forms. (4)  $\text{LSD}_{5\%}$ . (5) Mean.

*Table 3.*  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $\text{NH}_4\text{+NO}_3\text{-N}$ -content of the neutral loamy soil (Martonvásár) used in the pot experiment, 1992. (1) P and K levels. a) Mean. (2) Control. (3) N forms. (4)  $\text{LSD}_{5\%}$ . (5) Mean.

*Table 4.* Dry matter yield of 6-leaf maize shoot, g/pot. (Pot experiment using neutral loamy soil, Martonvásár, 1992). (1) P and K levels. a) Mean. (2) Control. (3) N forms. (4)  $\text{LSD}_{5\%}$ . (5) Mean.

*Table 5.* Results of plant analysis of 6-leaf maize shoot. (Pot experiment using neutral loamy soil, Martonvásár, 1992). (1) P and K levels. a) Mean. (2) Control. (3) N forms. (4)  $\text{LSD}_{5\%}$ . (5) Mean.

*Table 6.* N uptake and N balance in a pot experiment set up using neutral loamy soil, Martonvásár. (6-leaf maize shoot, mg/pot). (1) P levels (averaged over K). a) In the shoot, b) Mean, c) In the soil, d) Total, e) Deficiency. (2) Control. (3) N forms. (4)  $\text{LSD}_{5\%}$ . \* Deficiency compared with the 1000 mg added to each pot.