

N-műtrágyák hatásának vizsgálata tenyészedeny-kísérletben I. Meszes homoktalaj (Őrbottyán)

KÁDÁR IMRE és PUSZTAI ANTAL

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A talajba került műtrágya-N sokirányú változást szenvedhet. A különböző talajokkal és N formákkal végzett tenyészedeny-kísérletek hazai viszonyok között is igazolták, hogy egyaránt felléphet az immobilizáció, nitrifikáció, denitrifikáció, kimosódás, az ammónia fixációja vagy elillanása a növényi felvételen túl (NÉMETH, 1996). Az átalakulásokat számos tényező befolyásolhatja, mint pl. a hőmérséklet, talaj nedvességtartalma, pH viszonyok, szerves anyagok mennyisége és minősége stb. (LATKOVICSNÉ, 1974, 1982; NÉMETH et al., 1986; SZEGI & GULYÁS, 1985; SZABÓ, 1996; GYÓRI, 1983; LOCH & NOSTICZIUS, 1983).

Nem elhanyagolható tényező a talajok tápanyagállapota, különösen a P- és K-ellátottság szerepe. Mindez különösen fontossá válhat a gyengén pufferolt, tápanyagszegény homoktalajokon. A N formák hatását a talajra és növényre, ill. a N talajbani átalakulását célszerű a P- és K-ellátás függvényében elemezni. A három fő tápelemet együtt alkalmazzuk, hatásaikat összetettségükben kell vizsgálnunk. A kölcsönhatások, az ionantagonizmusok és szinergizmusok szerepe meghatározó lehet a talajbani átalakulások, valamint a növényi felvétel során. Így pl. PURCHASE (1974) kimutatta, hogy P-hiányos talajon csökkenhet a nitrifikáció, mert a nitrifikáló szervezetek megfelelő P-ellátást igényelnek.

FLEIGE et al. (1971) szerint a bőséges NH_4^+ -koncentráció szintén gátolhatja ezt a folyamatot, amennyiben közbülső termékként sok $\text{NO}_2\text{-N}$ halmozódik fel a talajban. A műtrágyák által kiváltott savanyodás helyileg időlegesen szintén leállíthatja a nitrifikációt. Az NH_4^+ túlsúly a gyökérlégzés gátlásán keresztül akadályozhatja a növény fejlődését és tápelemfelvételét. Ismert az NH_4^+ és K^+ kationok versengése a talajkolloidok felületén és rácsaikban, valamint a növényi felvétel során. Az előre adott K-trágyázás csökkentheti az $\text{NH}_4\text{-N}$ fixációját, míg az egyidejű trágyázás növelheti az $\text{NH}_4\text{-N}$ megkötődését a talajban. Ezzel együtt mérsékelt N-felvétellel számolhatunk a növényeknél (ALDAG, 1975; ALLISON, 1973).

Korábbi tenyészedeny-kísérleteinkben ezért a N, P és K 4-4 ellátottsági szintjének és azok kombinációinak hatását vizsgáltuk a 6 leveles kukorica haj-

tására, elemi összetételére és a talaj ásványi-N formáira. Bemutattuk, hogy a kölcsönhatások eredményeképpen megváltozhat a növények makro- és mikroelem-felvétele, -hozama és a talajba vitt N-műtrágya hasznosulása. Az NH_4NO_3 formában adott nitrogén meszes csernozjom talajon pl. nagyságrenddel megnövelte a talaj $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalmát, míg az $\text{NH}_4\text{-N}$ forma mennyisége nem változott a kísérlet végén a nitrifikáció eredményeképpen. A nem kicserélhető, fixált $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentrációja csak mérsékelten volt növelhető N-trágyázással (PUSZTAI & KÁDÁR, 1980a,b; KÁDÁR & PUSZTAI, 1982).

Savanyú agyagbemosódásos barna erdőtalajon az AL-oldható K-tartalom mintegy 50 %-kal nőtt a N-, valamint hasonló mértékben süllyedt a P-ellátással. Az NH_4NO_3 formában adott nitrogén $\text{NO}_3\text{-N}$ és $\text{NH}_4\text{-N}$ formában maradt a talajban a kísérlet végén, nitrifikáció nem folyt le. Meszeztett talajon azonban nagyobb $\text{NO}_3\text{-N}$ és kisebb $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentrációk jelentkeztek, a nitrifikáció felgyorsult. A rácsban fixált $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége is csökkent a meszezés nyomán. A meszezés a $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ értékét 3,5-ről 5,5-re emelte, ill. a hidrolitos aciditást 36-ról 14-re mérsékelte. Az alacsony pH önmagában azonban nem gátolta a növények növekedését vagy a cellulózbontó baktériumok tevékenységét, sőt a maximális értékeket a meszezetlen, műtrágyák által tovább savanyodó 3,0 $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ alatti edényekben kaptuk (KÁDÁR et al., 1988; KÁDÁR, 1988).

A továbbiakban beszámolunk a meszes Duna-Tisza közti homoktalajjal beállított tenyészedény-kísérletünk főbb eredményeiről, ahol a különböző N-műtrágya formákat eltérő P- és K-ellátottsági szinteken alkalmaztuk. Az 1991-ben végzett vizsgálatokat, azonos kezelésekkel, 1992-ben semleges erdőmaradványos vályog csernozjom talajjal, majd 1993-ban savanyú kovárványos homoktalajjal is elvégeztük. Kutatásainkat az OTKA T 01463 szerződés támogatásával folytattuk.

Anyag és módszer

A kísérletet 1991 tavaszán állítottuk be az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete Őrbottyáni kísérleti telepének szántott rétegéből származó talajjal. A talaj jellemzői: leiszapolható rész mennyisége: 10 % körüli; kötöttsége (K_A): 27; humusz: 1 %; CaCO_3 : 4 %, $\text{pH}_{(\text{KCl})}$: 7,0. A tápelemvizsgálatok szerint foszforral jól, káliummal gyengén ellátottnak minősíthető. Mikroelemhiányokat a szabadföldi növények sem jeleztek e termőhelyen. A kísérletben 2 kg/edény légszáraz talajjal dolgoztunk 5 N forma x 3 P-ellátás x 3 K-ellátás = 45 kezeléssel és 3 ismétléssel, azaz összesen 135 edénnyel. Az alkalmazott trágyaformákat és -adagokat az alábbiakban részletezzük.

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

- | | |
|---|----------------|
| 1. Kontroll | = 0 g/edény |
| 2. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | = 8,43 g/edény |
| 3. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | = 4,88 g/edény |
| 4. NH_4NO_3 | = 2,86 g/edény |
| 5. $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | = 2,16 g/edény |

P-trágyázás $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 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 150 g kavicsot helyeztünk mielőtt az átrostált és műtrágyával összekevert talajt betöltöttük. Az öntözés desztillált vízzel történt igény szerint 2-3 naponta. 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 N-t 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 föld feletti hajtásának levágását jelentette. A hajtás tömegét edényenként lemértük, megszártottuk, visszamértük és meghatároztuk a fontosabb makro- és mikroelemek tartalmát 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 az AL-oldható tápelemeknél a $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ értékeit is meghatároztuk kezelésenként. A talaj N formáit BREMNER és KEENEY (1966) módszerével vizsgáltuk.

Mivel a P x K kölcsönhatások elhanyagolhatóak voltak, ismétlésül szolgálhattak. A továbbiakban a 45 kezelés helyett csak a N x P, ill. N x K kétirányú táblázatok adatainak bemutatására szorítkozunk. Megjegyezzük, hogy ezzel a kísérleti tervvel sikerült olyan eltérő tápláltsági szituációkat teremtenünk, melyek egyaránt reprezentálják az extrém hiány, túlsúly és a kiegyensúlyozott trágyázás viszonyait, melyek a gyakorlatban is előfordulhatnak. Fő célunk a gyors tápanyagfeltöltés (ionstressz) talajra és növényre gyakorolt hatásának megismerése, a talaj N-forgalma esetleges deformációjának nyomon követése volt.

Kísérleti eredmények

Ahhoz, hogy a szárazanyaghozam, ill. a növényi felvétel eredményeit értelmezni tudjuk, először tekintsük át azokat a talajban végbement változásokat, amelyeket a trágyázás okozott. Az 1. táblázat adatai szerint a talaj $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ értékei N forma hatására nem változtak, míg az AL-oldható P mintegy ötszörösére, az AL-K-készlet közel tízszeresére nőtt meg a P- és K-kezelések nyomán. Megállapítható az is, hogy a lúgosan ható karbamidkezelésben az AL-P-

tartalmak emelkedést mutatnak. Ismeretes, hogy az erősen savanyú AL-oldat meszes közegben nagyobb értékeket jelez, azaz felfelé torzít. Utóbbival magyarázható, hogy az AL-módszerrel becsült P-ellátottsági határértékek meszes talajokra nagyobbak a szaktanácsadásban.

A talajok $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalma jól tükrözi az alkalmazott N formákat. A $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ forma alig növelte meg az $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyiségét a tenyészidő végére a kontrollhoz képest. Az 500 ppm $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ formában adott N-ből 383 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$ formában kimutatható a talajban, míg a $\text{NO}_3\text{-N}$ forma mennyisége elha-

1. táblázat

A tenyészédeny-kísérlet meszes homoktalajának (Őrbottyán) $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ értéke, valamint AL- P_2O_5 - és AL- K_2O -tartalma (1991)

(1) P és K szint	(2) Kont- roll N_0	(3) N formák				(4) $\text{SzD}_{5\%}$	(5) Átlag
		$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	NH_4NO_3	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$		
$\text{pH}_{(\text{KCl})}$							
P_0	7,3	7,3	7,2	7,3	7,3	0,7	7,3
P_1	7,0	7,1	7,2	7,0	7,1		7,1
P_2	6,7	7,0	6,7	6,7	6,9		6,8
K_0	7,0	7,1	7,0	6,9	7,1	0,4	7,0
K_1	7,0	7,1	7,0	7,0	7,1		7,0
K_2	7,0	7,2	7,0	7,0	7,1		7,1
a) Átlag	7,0	7,1	7,0	7,0	7,1	0,4	7,0
AL- P_2O_5 , ppm							
P_0	172	159	167	167	154	100	164
P_1	502	446	530	525	576		516
P_2	938	740	816	900	1014		882
K_0	556	509	504	542	602	56	543
K_1	536	409	509	461	578		498
K_2	520	427	501	589	564		520
a) Átlag	537	448	505	531	581	56	520
AL- K_2O , ppm							
P_0	357	343	358	435	414	280	381
P_1	362	348	320	338	347		343
P_2	383	389	386	415	394		393
K_0	63	52	76	63	76	172	66
K_1	391	401	355	438	422		402
K_2	648	626	632	687	656		650
a) Átlag	367	360	354	396	385	172	373

Megjegyzés: Az $\text{SzD}_{5\%}$ értékek oszlopra és sorra is azonosak minden táblázatban

nyagolható. Az NH_4NO_3 -trágyázás nyomán a $\text{NO}_3\text{-N}$ és az $\text{NH}_4\text{-N}$ formák talajbani koncentrációja közelinek adódik. Mindkét NO_3 formát tartalmazó műtrágya egy nagyságrenddel megnövelte a mérgező $\text{NO}_2\text{-N}$ mennyiségét is, mégpedig a kontroll és az NH_4 formához viszonyítva, feltehetően a gyakori öntözéssel előálló biológiai denitrifikáció eredményeképpen. A karbamid gyors hidrolízisét az $\text{NH}_4\text{-N}$ tükrözi, a nitrifikáció azonban csak mérsékelten jelentkezett (2. táblázat).

2. táblázat

A tenyészedény-kísérlet meszes homoktalajának (Őrbottyán) $\text{NH}_4\text{-N}$ -, $\text{NO}_2\text{-N}$ -, valamint $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalma (1991)

(1) P és K szint	(2) Kontroll N_0	(3) N formák				(4) SzD _{5%}	(5) Átlag
		$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	NH_4NO_3	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$		
$\text{NH}_4\text{-N}$, ppm							
P ₀	10	15	365	174	257	100	164
P ₁	7	10	291	175	228		142
P ₂	7	15	492	192	234		188
K ₀	10	12	367	176	271	60	167
K ₁	6	10	376	193	237		165
K ₂	8	18	405	172	211		163
a) Átlag	8	13	383	180	240		165
$\text{NO}_2\text{-N}$, ppm							
P ₀	3	22	0	18	2	12	9
P ₁	1	17	5	20	3		9
P ₂	1	16	2	27	2		9
K ₀	2	6	3	27	0	8	8
K ₁	3	29	4	7	4		9
K ₂	0	19	0	31	3		11
a) Átlag	2	18	2	21	2	8	9
$\text{NO}_3\text{-N}$, ppm							
P ₀	0	280	10	147	9	120	89
P ₁	0	175	9	140	10		67
P ₂	1	255	4	144	5		82
K ₀	0	282	13	110	11	70	83
K ₁	1	224	6	165	7		81
K ₂	0	205	4	156	4		74
a) Átlag	0	237	8	144	8		79

Megjegyzés: Az SzD_{5%} értékek oszlopra és sorra is azonosak minden táblázatban

Az összes ásványi felvehető ($\text{NH}_4 + \text{NO}_2 + \text{NO}_3$)-N mennyisége az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -kezelésben volt a legnagyobb, elérve csaknem a 400 mg/kg értéket, azaz az adott N 4/5-ét, 80 %-át a talajban találjuk a kísérlet végén. A hiányzó 100 mg/kg beépülhetett részben a növénybe, a talaj agyagásványaiba és szerves anyagaiba, ill. denitrifikáció esetén eltávoztott a légkörbe. Mivel jól szellőzött meszes talajról van szó, utóbbi kevéssé valószínűsíthető. A növényi felvétel mértékét külön kell majd megbecsülnünk. A $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ és a karbamid formánál meszes talajokon nagyobb légköri veszteséggel számolhatunk, itt az összes ásványi felvehető N-készlet mindössze 250-270 mg/kg értéknek adódott, azaz az adott trágya-N 50-60 %-át tudtuk kimutatni a talajban (3. táblázat).

3. táblázat

A tenyészedény-kísérlet meszes homoktalajának (Órbottyán) összes ásványi $\text{NH}_4 + \text{NO}_2 + \text{NO}_3$ -N-tartalma (mg/kg) (1991)

(1) P és K szint	(2) Kont- roll N_0	(3) N formák				(4) SzD ₅ %	(5) Átlag
		$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	NH_4NO_3	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$		
P_0	13	317	375	339	268	162	262
P_1	8	202	305	335	241		218
P_2	9	286	498	362	241		279
K_0	12	300	382	312	282		258
K_1	10	263	386	365	248		255
K_2	8	242	410	359	219		248
a) Átlag	10	268	393	346	250	95	253

4. táblázat

A 6 leveles kukorica hajtásának száraz anyaga (g/edény)
(Tenyészedény-kísérlet órbottyáni meszes homoktalajjal, 1991)

(1) P és K szint	(2) Kont- roll N_0	(3) N formák				(4) SzD ₅ %	(5) Átlag
		$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	NH_4NO_3	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$		
P_0	4,0	1,6	4,0	3,1	2,9	1,2	3,1
P_1	3,8	5,3	20,2	15,2	13,1		11,5
P_2	3,2	5,1	9,3	8,0	5,5		6,4
K_0	3,9	3,2	8,2	6,9	7,1		5,9
K_1	3,6	7,0	15,9	12,2	8,5		9,5
K_2	3,5	1,9	9,4	7,1	7,0		5,8
a) Átlag	3,7	4,0	11,2	8,8	7,5	0,7	7,0

5. táblázat

A 6 leveles kukorica hajtásának növényelemzési eredményei
(Tenyészedény-kísérlet őrbottyáni meszes homoktalajjal, 1991)

(1) P és K szint	(2) Kont- roll N ₀	(3) N formák				(4) SzD _{5%}	(5) Átlag
		Ca(NO ₃) ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ NO ₃	CO(NH ₂) ₂		
N %							
P ₀	1,34	3,00	3,23	3,91	3,44	0,92	2,99
P ₁	1,30	3,07	2,22	2,83	3,23		2,53
P ₂	1,59	3,60	3,25	3,60	3,44		3,09
K ₀	1,58	3,06	3,12	3,74	3,83		3,07
K ₁	1,35	2,95	2,34	3,03	3,22		2,58
K ₂	1,30	3,65	3,24	3,57	3,06		2,96
a) Átlag	1,41	3,22	2,90	3,45	3,37	0,50	2,87
P %							
P ₀	0,17	0,17	0,15	0,15	0,18	0,12	0,16
P ₁	0,35	0,21	0,19	0,22	0,21		0,24
P ₂	0,46	0,32	0,32	0,35	0,23		0,34
K ₀	0,30	0,22	0,21	0,28	0,20		0,24
K ₁	0,33	0,21	0,22	0,22	0,20		0,24
K ₂	0,36	0,27	0,23	0,22	0,22		0,26
a) Átlag	0,33	0,23	0,22	0,24	0,21	0,06	0,25
K %							
P ₀	3,09	3,18	3,17	3,07	3,28	0,98	3,16
P ₁	3,18	2,81	1,96	2,43	2,54		2,58
P ₂	3,07	2,77	2,05	2,42	2,64		2,59
K ₀	1,80	1,58	1,07	1,28	0,96		1,34
K ₁	3,46	2,72	2,58	2,76	3,32		2,97
K ₂	4,08	4,47	3,53	3,88	4,19		4,03
a) Átlag	3,12	2,92	2,39	2,64	2,82	0,46	2,78
Ca %							
P ₀	0,45	1,86	1,17	1,72	1,18	0,90	1,27
P ₁	0,70	1,90	0,58	0,91	0,76		0,97
P ₂	0,72	2,26	0,78	1,20	0,68		1,13
K ₀	0,86	2,24	1,16	1,61	1,19		1,41
K ₁	0,59	1,62	0,63	1,01	0,77		0,92
K ₂	0,42	2,17	0,74	1,21	0,66		1,04
a) Átlag	0,62	2,01	0,84	1,27	0,87	0,45	1,12

5. táblázat folytatása

(1) P és K szint	(2) Kont- roll N ₀	(3) N formák				(4) SzD _{5%}	(5) Átlag
		Ca(NO ₃) ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ NO ₃	CO(NH ₂) ₂		
Mg %							
P ₀	0,21	0,25	0,33	0,32	0,31	0,16	0,28
P ₁	0,26	0,29	0,34	0,35	0,31		0,31
P ₂	0,33	0,34	0,44	0,33	0,33		0,36
K ₀	0,46	0,41	0,61	0,48	0,50	0,08	0,49
K ₁	0,19	0,28	0,27	0,27	0,26		0,26
K ₂	0,15	0,19	0,24	0,25	0,19		0,20
a) Átlag	0,27	0,29	0,37	0,33	0,32		0,32
Na, ppm							
P ₀	91	126	98	115	157	75	117
P ₁	136	136	108	112	115		122
P ₂	108	115	77	136	126		112
K ₀	80	91	63	98	105	42	87
K ₁	115	101	91	101	147		111
K ₂	140	185	129	164	147		153
a) Átlag	112	126	94	121	133		117

Az egyoldalú N stressz nyomán a növények mérgezési tüneteket mutattak, lilás szín és elszáradás jelentkezett. A P₁ szint és a K₁ szint ellensúlyozta a mérgező mennyiségű N káros hatását, a termés 12-20 g/edény körüli tartományba emelkedett az (NH₄)₂SO₄- és NH₄NO₃-kezelésekben. Az extrém 1000 mg/kg P₂O₅, ill. K₂O terhelés azonban már szárazanyag-csökkenéshez vezetett, a növények itt is mérgezési tüneteket, lilás elszíneződést és elszáradást mutattak. Összességében megállapítható, hogy a N formák közül az erősen savanyító (NH₄)₂SO₄-műtrágya produkált legnagyobb terméstöbbletet, míg a Ca(NO₃)₂ és a lúgosan ható karbamid a legkisebbet ezen a meszes homokon (4. táblázat).

A növényelemzés eredményei szerint a N-kontroll talajon fejlődött hajtás átlagosan 1,4 % N-tartalommal rendelkezett, míg legmagasabb N %-okat az NH₄NO₃-trágyázás produkált 3,45 átlagértékkel. Korábbi vizsgálataink és az irodalmi adatok szerint is, az optimális N/P arány 10 körüli ebben a korban. A P %-ok a P₀ szinteken 0,16 értéket jeleznek, azaz több mint 20-szoros N-túlsúly alakult ki az egyoldalú N-trágyázás nyomán. A P₁ szinteken beáll a 10 körüli N/P arány és itt kaptuk a legnagyobb terméseket. Hasonló a helyzet a K esetén, ahol a K₁ szinten alakul ki az optimális 1:1 körüli N/K aránya és a termések maximumai (4. és 5. táblázat).

A P₂ szint azonban óriási P-túlsúlyt eredményezett és ebből adódóan a termések ismét csökkenést mutattak. Hasonlóképpen a K₂ szint is termés-csökke-

néshez vezetett. Az 5. táblázat adatain az is látható, hogy a kontrollhoz viszonyítva átlagosan 1/3-ával kevesebb foszfor épül be a hajtásba a N-trágyázás nyomán. Csökkent a kálium felvétele is a N-adaggal, különösen az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -kezelésekben. Viszont a hajtás P %-a a P_0 szinten megfigyelt 0,16 értékről 0,24, ill. 0,34 %-ra nő a P_1 , ill. P_2 ellátottságon, míg az 1,34 K % a K_1 -kezelésben közel 3, ill. a K_2 -kezelésben 4 %-ra emelkedett.

Figyelemre méltó a hajtás Ca-tartalmának alakulása. A $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ forma több mint 3-szorosára növeli a növények Ca-koncentrációját. Az extrém Ca-felvétel a növények mérgezését tükrözheti, ill. a mérgeanyagok detoxikálását szolgálja. A pusztuló, elszáradó, előregedő hajtásban akkumulálódik a Ca, mivel a

6. táblázat

A 6 leveles kukorica hajtásának mikroelem-tartalma a PK szintek átlagában, ppm (Tenyészedény-kísérlet őrbottyáni meszes homoktalajjal, 1991)

(1) Vizsgált elemek	(2) Kont- roll N_0	(3) N formák				(4) SzD _{5%}	(5) Átlag
		$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	NH_4NO_3	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$		
Fe	120	117	118	138	121	32	123
Mn	51	57	67	71	67	25	63
Zn	35	49	55	58	64	26	52
Cu	6	6	7	8	8	2	7

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ forma volt a növényekre a leginkább kedvezőtlen. Jelentkezik a K/Mg antagonizmus, az átlagos Mg-tartalom 0,49 %-ról 0,20 %-ra süllyed a K-túlsúly nyomán. Ugyanakkor a Na koncentrációja egyértelműen emelkedik a K-ellátással, melynek oka ismeretlen. A P- és a N-ellátás a Na-felvételre érdemi hatást ugyanakkor nem gyakorolt (5. táblázat). A Fe, Mn, Zn, Cu mikroelemek mennyisége sem változik a trágyázással, ezért koncentrációikat a N formák függvényében mutatjuk be a 6. táblázatban, tájékoztató jelleggel, a P- és K-kezelések átlagában.

A N-felvétel adatait az NxP kétirányú táblázatban közöljük, mert a K-ellátás a felvételt érdemben nem módosította. A felvett és hajtásban talált nitrogén mennyisége közel 300 mg/edény körüli átlagos értéket ért el az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - és az NH_4NO_3 -kezelésekben. Amennyiben a talajban talált összes felvehető ásványi-N és a növénybe épült N mennyiségeit összegezzük, felállítható az egyszerűsített N-mérleg. A 2 kg talajba adott 1000 mg/edény műtrágya-N teljes mennyisége kimutatható volt gyakorlatilag az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - és az NH_4NO_3 -kezelésekben, míg a $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ és a $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ formáknál 300-400 mg/edény veszteség vagy hiány jelentkezett. Feltehető, hogy az utóbbi trágyák nitrogénjének 1/3-a részben más, általunk nem vizsgált formákba épült be a talajban, ill. légköri elillanást szenvedhetett (7. táblázat).

7. táblázat
N-felvétel és N-forgalom a meszes homoktalajjal beállított tenyészedeny-
kísérletben (6 leveles kukorica hajtása, mg/edény)

(1) P szintek (K átlagai)	(2) Kont- roll N ₀	(3) N formák				(4) SzD _{5%}
		Ca(NO ₃) ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ NO ₃	CO(NH ₂) ₂	
a) Hajtásban						
P ₀	54	48	129	121	100	60
P ₁	49	163	448	430	423	
P ₂	51	184	302	288	227	
b) Átlag	51	132	293	280	250	35
c) Talajban	20	536	786	692	500	190
d) Összesen	71	668	1079	972	750	235
e) Hiány*	0	-403	+8	-99	-321	140

* Az edényenként adott 1000 mg-hoz viszonyítva

Összefoglalás

Duna-Tisza közi meszes homoktalajjal (Órbottyán) 1991 tavaszán tenyészedeny-kísérletet állítottunk be az Intézet tenyészedenyházában. A Ca(NO₃)₂, (NH₄)₂SO₄, NH₄NO₃ és CO(NH₂)₂ műtrágya formákat eltérő P- és K-ellátottságon alkalmaztuk. A talaj meszes homok, mely 1 % körüli humuszt, 10 % leiszapolható részt és 4 % CaCO₃-ot tartalmazott és a talajelemzések szerint eredetileg N, K, Zn, Cu elemekkel gyengén, foszforral kielégítően ellátott volt. 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 talajban pedig a P és K, valamint a főbb ásványi-N formák mennyiségét. A kísérletben 5 N forma x 3 P-ellátás x 3 K-ellátás = 45 kezelést alkalmaztunk 3 ismétlésben. Az összes edények száma tehát 135 volt. A P-ellátás 0, 500, 1000 mg P₂O₅/kg adagot jelentett por alakú szuperfoszfát, míg a K-ellátás 0, 500, 1000 mg K₂O/kg adagot K₂SO₄ formájában. A N-trágyák egységesen 500 mg N/kg adagot jelölnek.

A kísérlet főbb eredményeit az alábbiakban foglaljuk össze:

1. Talajvizsgálatok szerint a pH_(KCl) nem változott a kezelések hatására, míg az AL-módszerrel meghatározott felvehető AL-P koncentrációja 5-, az AL-K koncentrációja 10-szeresére nőtt a P₂, ill. K₂ szinteken, extrém túlsúlyt reprezentálva.

2. A talajok NH₄-N- és NO₃-N-tartalma az alkalmazott N-trágya formáknak felelt meg, a nitrifikáció gátolt volt. A nitrátműtrágyák egy nagyságrenddel megnövelték a talaj NO₂-N készletét a kontrollhoz és a többi N formához viszonyítva.

3. A legnagyobb növényi szárazanyag-produkciót az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ forma adta a P_1 -, K_1 -ellátottságon. A túlzott P- és K-ellátás termécsökkenést eredményezett, a $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ forma pedig hatástalan maradt, ill. a P-nélküli edényekben a növények pusztulásához vezetett.

4. A maximális növényi hozamok a 10 körüli N/P, ill. 1 körüli N/K arányhoz kötődtek a növényelemzési adatok szerint. A megfelelő N, P és K szinteken nőtt a hajtás N, P és K %-a. A $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -műtrágya megháromszorozta a hajtás Ca-tartalmát. Jelentkezett a K/Ca, K/Mg ionantagonizmus a növény összetételében.

5. A talaj-növény rendszer vizsgált elemeinek forgalma szerint (N-mérleg) a 2 kg talajba adott N teljes mennyisége kimutatható volt (talajban ásványi formában + növényben felvett összegei) az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - és NH_4NO_3 -műtrágya formáknál, míg a $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ és $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ esetén 30-40 % hiány jelentkezett. A veszteség jelenthet légköri elillanást, ill. a nitrogén beépülését a talaj más, általában nem vizsgált frakcióiba.

Irodalom

- ALDAG, R., 1975. Verfügbarkeit des Stickstoffs in Ackerböden. Landw. Forsch. Sonderh. Frankfurt/Main. 32. 7-15.
- ALLISON, F. E., 1973. Organic Matter and its Role in Crop Production. Elsevier Sci. Publ. Co. Amsterdam-London-New York.
- 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.
- FLEIGE, H., MEYER, B. & SCHOLTZ, H., 1971. Fraktionierung des Boden-Stickstoffs für N-Haushalts-Bilanzen. Göttinger Bodenk. Berichte. 18. 1-37.
- GYÓRI D., 1984. A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- KÁDÁR I., 1988. A meszezés és műtrágyázás együttes hatásának vizsgálata tenyész-edény-kísérletben. II. Növényvizsgálati és tápanyagforgalmi elemzések. Agrokémia és Talajtan. 36-37. 239-252.
- KÁDÁR I. & PUSZTAI A., 1982. Az NPK-túltrágyázás hatása a 6-leveles kukorica makro- és mikroelem-tartalmára. II. Növénytermelés. 31. 523-532.
- KÁDÁR I., PUSZTAI A. & SÜLYÖK L., 1988. A meszezés és műtrágyázás együttes hatásának vizsgálata tenyész-edény-kísérletben. I. Talajvizsgálati és terméseredmények. Agrokémia és Talajtan. 36-37. 223-238.
- LATKOVICS GY-NÉ, 1974. Nitrogénműtrágyák hatásának vizsgálata ^{15}N indikációval szikes talajon. Agrokémia és Talajtan. 23. 11-20.
- LATKOVICS GY-NÉ, 1982. A nitrogén átalakulása és mozgása a talajban. MTA Doktori Értekezés. Budapest.
- LOCH J. & NOSTICZIUS Á., 1983. Alkalmazott kémia. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- NÉMETH T., 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- NÉMETH T., SZEBENI SZ-NÉ & BUZÁS I., 1986. A nitrogénműtrágyák talajba juttatást követő átalakulásainak modellezése eltérő nedvességű talajon. I. Az ammónium-

- nitrát átalakulása. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. I. 154-157. NEVIKI. Keszthely.
- PURCHASE, B. S., 1974. The influence of phosphate deficiency on nitrification. *Plant and Soil*. 41. 541-547.
- PUSZTAI A. & KÁDÁR I., 1980a. Az NPK-túltrágyázás hatása a talaj és növény tápanyagforgalmára. I. Makroelemek. *Növénytermelés*. 29. 429-443.
- PUSZTAI A. & KÁDÁR I., 1980b. Nitrogénforgalmi vizsgálatok mészlepedékes csernozjom talajon modellkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 29. 251-272.
- SZABÓ L., 1996. Mezőgazdasági termelés hatása a környezetre. In: *Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban*. (Szerk.: THYLL Sz.) 225-259. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SZEGI J. & GULYÁS F., 1985. A cellulóz lebontása. In: *A mezőgazdaság kemizálásának talajbiológiai kérdései*. (Szerk.: TÓTH B.) Veszprémi Akadémiai Bizottság - VEAB. X. évf. (1) 57-68.

Érkezett: 1997. május 2.

Studies on the Effect of N Fertilizers in Pot Experiments. I. Calcareous Sandy Soil (Órbottyán)

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 1991 using a calcareous sandy soil from Órbottyán. The $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4NO_3 and $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ fertilizer forms were applied in combination with various P and K supply rates. The soil was a calcareous sand containing around 1% humus, 10% silt and 4% CaCO_3 , while soil analysis indicated that it was originally poorly supplied with N, K, Zn and Cu and satisfactorily supplied with P. 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 \times 3 P levels \times 3 K levels = 45 treatments, each in 3 replications (total number of pots: 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 K_2SO_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 $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ did not change as the result of the treatments, while the AL-P concentration rose 5 times and the AL-K concentration 10 times at levels P_2 and K_2 , indicating a great overdose.

2. The $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ contents of the soil conformed with the N fertilizer forms applied; nitrification was inhibited. Nitrate fertilizers increased the $\text{NO}_2\text{-N}$ reserves of the soil by an order of magnitude compared to the control and the other N forms.

3. The greatest plant dry matter production was observed when $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ was applied combined with P_1 , K_1 . Overdoses of P and K led to yield reductions, while the $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ form had no effect, or even led to the death of the plants in pots given no P.

4. Maximum plant yields were associated with an N/P ratio of around 10 and an N/K ratio of around 1, according to the results of plant analysis. At satisfactory N, P and K levels there was an increase in the N, P and K% of the shoots. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ tripled the Ca content of the shoot. K/Ca and K/Mg ion antagonisms were observed in the plant analysis.

5. All the N added to the 2 kg soil could be demonstrated in the N balance of the soil-plant system (in mineral form in the soil + quantities taken up by the plants) in the case of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ and NH_4NO_3 , while a deficiency of 30-40% was observed for $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

This loss may be due to evaporation into the atmosphere or to incorporation into other fractions of the soil, not included in the present analysis.

Table 1. $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ values, $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ and $\text{AL-K}_2\text{O}$ contents of the calcareous sandy soil (Órbottyán) in the pot experiment (1991). (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. $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ contents of the calcareous sandy soil (Órbottyán) in the pot experiment (1991). (1)-(5): see Table 1.

Table 3. Total mineral $\text{NH}_4 + \text{NO}_2 + \text{NO}_3\text{-N}$ content of the calcareous sandy soil (Órbottyán) in the pot experiment, 1991 (mg/kg). (1)-(5): see Table 1.

Table 4. Dry matter content of the 6-leaf maize shoot (g/pot). (Pot experiment with calcareous sandy soil, Órbottyán, 1991). (1)-(5): see Table 1.

Table 5. Results of plant analysis of 6-leaf maize shoot. (Pot experiment with calcareous sandy soil, Órbottyán, 1991). (1)-(5): see Table 1.

Table 6. Microelement content of 6-leaf maize shoot averaged over PK levels, ppm. (Pot experiment with calcareous sandy soil, Órbottyán, 1991). (1) Elements analysed. (2)-(5): see Table 1.

Table 7. N uptake and N balance in a pot experiment set up using calcareous sandy soil, Órbottyán. (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)-(4): see Table 1.
* Deficiency compared with the 1000 mg added to each pot.