

## Lassan ható nitrogén műtrágyák hatásának vizsgálata karbonátos homoktalajon

GÁTI FERENC és LÁSZTITY BORIVÓJ

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A jelenleg használatos nitrogén műtrágyák közül az ammóniumnitrát és a pétisó, mint gyorsan ható műtrágya ismeretes. A cseppfolyós és vizes ammóniának, de még inkább a karbamidnak a tartamhatása már kifejezettebb az  $\text{NH}_4^+$  talajadszorpciója következtében. Ezek tartós hatású nitrogénműtrágyáknak azonban még nem nevezhetők, mivel vízben jól oldódnak és a csapadék hatására gyorsan lemosódnak a talaj felső rétegeiből.

A terméshozamok növelése szükségessé tette a nagyadagú műtrágyázás alkalmazását. Ezzel párhuzamosan olyan új típusú műtrágyák előállítására vált szükségessé, melyek tartamhatása nagy és hosszú időn át képesek „retard” tápanyagleadásukkal biztosítani a növények egyenletes fejlődését és a biztonságos nagy termések elérését.

Ezeket a célokat a foszforműtrágyák területén a citrátoldható vegyületek, pl. az ammonizált szuperfoszfát, a dikalciumfoszfát, a Nifosz-típusú műtrágyák; a kálium műtrágyák közül pl. a kálium-metafoszfát valósítja meg. Ez utóbbi műtrágya kettős (KP) műtrágyaként is felfogható [14, 16].

A nitrogén műtrágyák közül a karbamid-kondenzációs műtrágyákra vár ez a szerep. Ezeket a műtrágyákat általában „ureaform”-típusú műtrágyáknak nevezik, mivel előállításuk a karbamidnak és valamilyen hidratált aldehidnek kondenzációs reakcióján alapszik [21—28]. Ilyenek: a Nitroform, a Floranid, az IBDU stb. Vannak olyan karbamid-kondenzációs műtrágyák is, amelyek előállítási módja különbözik a „klasszikus” karbamid-aldehid kondenzációtól; ezek tulajdonképpen egy vagy több hagyományos nitrogén műtrágya és esetleg egyéb járulékos kondicionáló anyagnak (pl. bentonit), aminoplaszt alapú polimerrel alkotott kondenzációs termékei. Ilyenek a kísérletben szereplő Variform és Monipol elnevezésű műgyanta-műtrágya készítmények [29, 30].

Az említett karbamid-kondenzációs műtrágyák „retard” hatása abban nyilvánul meg, hogy egyrészt vízben nehezen oldódnak, másrészt pedig nitrifikációjuk, illetve mikrobiológiai lebomlásuk lassú. A kondenzációs műtrágyáknál a kimosódás minimális és a lassú mineralizáció, illetve az oldott kismennyiségű nitrogén gyors felvétele egyenletes tápanyagellátást biztosít a növény számára fejlődése folyamán [7, 12, 13, 17, 19, 32, 33].

Az ureaform műtrágyákkal, annak ellenére, hogy kimerítően tanulmányozták a talajban bekövetkező mineralizációját, annak a talaj pH-jától való függését stb., a legtöbb esetben csak tenyészedény kísérletben vizsgálták ha-

tását. Szabadföldi kísérletekre csak ritkán került sor és viszonylag kevés adatot találunk a szántóföldi kultúrákra vonatkozóan.

Általános az a vélemény, hogy az ureaform-típusú műtrágyák használata olyan talajokon indokolt, ahol nagyfokú kimosódással kell számolni. Kiemelik az ureaform műtrágyáknak lassú hatását és előnyét abban látják, hogy az egész vegetációs idő alatt folyamatosan szolgáltatják a nitrogént a növény számára.

ANSORGE [3], továbbá SCHMALLFUSS és MICHAEL [20] zabbal és mustárral állítottak be tenyészedeny kísérletet. Ammóniumszulfáttal és kalcium-nitráttal összehasonlítva zab esetén gyengébb, mustár esetén előnyösebb hatással tüntek ki az ureaform készítmények. ATANASIU [5] burgonyával, zabbal és tavaszi búzával állított be kísérleteket. Megállapította, hogy ezek a műtrágyák még a második évben is biztosították a növények nitrogén szükségletét. KUNTZE [15] különböző oldhatóságú karbamid és acetaldehid kondenzációs termékekkel (Urea-Z) végzett tenyészedeny kísérletet német perje jelzőnövényvel. A nagyobb vízoldhatóságú készítmények nitrogén szolgáltató képességük arányában nagyobb szárazanyaghozamot eredményeztek. Az ureaform készítményeket elsősorban a legelők műtrágyázására ajánlja. JUNG [11] kiemeli a krotonilidén-dikarbamid (Floranid) lassú és tartós nitrogén szolgáltató képességét, ami különösen jól érvényesül az erős kimosódás esetén. A kísérletet perjével végezte 5 különböző talajon és az 5 vágás eredménye a kondenzátum előnyét bizonyította az amóniumnitráttal szemben. ANSORGE [4] tenyészedeny és szabadföldi kísérletekben hasonlította össze a különböző oldhatóságú ureaform készítményeket. A tenyészedeny kísérletben perjét, zabot és kukoricát alkalmazott, a szabadföldi kísérletben rozs és napraforgó szerepelt. Továbbá beállított még egy gyeprágyázási kísérletet is. A kondenzátumok hatása azonosnak bizonyult a mészammónsalétrom hatásával. BAUMANN és LEPIKSAAR [6] kertészeti kultúráknál használt lassan ható nitrogén formákat. A káposzta, paradicsom és fejjessaláta az ureaformok hatására nem adott szignifikánsan kisebb termést, mint a mészammónsalétrom alkalmazásakor. Valószínű, hogy ebben közrejátszott az is, hogy a kísérletben tápanyagdús tőzeg-komposztot használtak. ABDEL GHANI [1] egy Uramit elnevezésű kondenzátummal kukorica jelzőnövényvel folytatott tenyészedeny kísérletet. A kondenzátum nitrogén hatóanyaga felvehetőnek bizonyult és előnyös hatást mutatott a 120 napos kísérlet után. STÄHLIN [31] takarmánynövényeken (*Festuca pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens*) és hereféléken próbálta ki a lassan ható nitrogénműtrágyákat, mészammónsalétrommal összehasonlítva. A Floranidnál és az Ureaformnál előnyösnek tartja a nitrogén lassú leadását. SCHEFFER, HENZE és METZLER [18] tenyészedeny (perje) és szabadföldi kísérletben (zab és cukorrépa) vizsgálta egy karbamid-acetaldehid kondenzátum (Urea-Z) hatását savanyú talajokon. A kondenzátum nemcsak a terméshozamra volt jobb, mint a mészammónsalétrom és a karbamid, de minőségjavító hatásával is kitűnt, ami a növény nagyobb P tartalmában és a szűkebb P/Ca arányban nyilvánult meg. HEYMANN [10] Ureaformot és krotonilidén-dikarbamidot (CD-Harnstoff) használt 2 éves tenyészedeny kísérletben. Az első évben zabbal, a második évben mustárral végezte a kísérletet. A savanyú humuszos agyagtalajon a krotonilidén-dikarbamid jobbnak bizonyult, mint az Ureaform és a mészammónsalétrom. GÁTI [9] német és magyar gyártmányú karbamid-kondenzációs készítményekkel végzett összehasonlító tenyészedeny kísérletet rozssal. Szabadföldi kísér-

letben pedig különböző oldhatóságú készítményeket vizsgált meszes homoktalajon szudánifű jelzőnövényvel. A terméseredmények a készítmények oldhatóságával pozitív korrelációban voltak. A kondenzátumoknak  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -mal való keverékei elősegítették a polimervázba beépült nitrogén felszabadulását. BURKHARDT [8] takarmányozással és silókukoricával több éven át folytatott szabadföldi kísérletében, mészammónsalétrom és ureaform keverékét használta, mely azonos hatást mutatott, mint a mészammónsalétrom önmagában.

Az említett hivatkozások alapján láthatjuk, hogy az ureaformokkal kapcsolatos eredmények különbözőek. Az esetek többségében azonban ezen műtrágyatípusok tartamhatása igazolható.

Többéves tartamkísérletünk beállításánál az a szempont vezetett bennünket, hogy egyrészt egy olyan talajon próbáljuk ki a karbamid-kondenzációs műtrágyákat, ahol nagy nitrogénveszteségekkel lehet számolni. Másrészt célunk volt, hogy a tipikus szabadföldi kultúrák esetén (szudánifű, búza és rozs) megvizsgáljuk felhasználhatóságukat, milyen az NPK tápanyagok érvényesülése és milyen akkumulációs és tartamhatással rendelkeznek.

A kísérlet célja tehát végeredményben az volt, hogy a lassan ható nitrogén műtrágyákat, az ún. ureaform-típusú kondenzációs készítményeket és más aminoplaszt alapú karbamid-kondenzációs műtrágyákat összehasonlítsuk egymással és a jelenleg használatos vízoldható nitrogén műtrágyákkal, mint pl. a pétisó és a karbamid és megállapítsuk ezeknek a termés mennyiségére és minőségére gyakorolt hatását.

### Kísérleti anyagok és módszer

A kísérletben különböző külföldi (Nitroform, Floranid, IBDU) és bel-földi karbamid-kondenzációs nitrogén műtrágya készítményeket (Varioform I és II, Monipol) hasonlítottunk össze egymással illetve pétisóval és karbamiddal.

A kísérletben szereplő karbamid-kondenzációs műtrágyák összetételét és hatóanyagtartalmát az alábbiakban adjuk meg.

1. Nitroform (USA): karbamid-formaldehid kondenzációs termék  
Összes-N = 40%,  $A_1 = 50$
2. Floranid (NSZK): karbamid-krotonilidénaldehid kondenzációs termék.  
Összes-N = 27,1%,  $A_1 = 100$
3. IBDU (Japán): karbamid-izobutiridénaldehid kondenzációs termék  
Összes-N = 30,5%,  $A_1 = 97$
4. Varioform I (magyar):  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 10% aminoplaszt műgyantaoldattal kondenzálva  
Összes-N = 33,2%
5. Varioform II (magyar): karbamid, 10% aminoplaszt műgyantaoldattal kondenzálva  
Összes-N = 43,1%
6. Monipol (magyar): 60%  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 31,5% bentonit, 1,7%  $\text{MgSO}_4$ , 6,8% aminoplaszt műgyantaoldattal kondenzálva  
Összes-N = 26,2%

A Monit: 65%  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 33% bentonit és 2%  $\text{MgSO}_4$  egyszerű keveréke.

$A_1$  = Aktivitási index azt fejezi ki, hogy a készítményben a hideg vízben oldhatatlan N-frakciónak hány százaléka oldódik forró vízben [2].

A kísérleteket az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetének Órbottyán-i Kísérleti Telepén 1967–1972 között folytattuk le gyengén humuszos homok talajon. A kísérleti terület főbb vizsgálati adatai a szántott rétegben (0–30 cm) a következők:

1. táblázat

## A kísérleti terület talajának jellemző adatai

pH		CaCO <sub>3</sub>	(1) Humusz	hy	(2)		
H <sub>2</sub> O	KCl	%			Összes-N	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O
mg/100 g talaj							
7,6	6,9	5,4	0,74	0,89	39,2	3,3	6,6

A kísérlet beállítása előtt a talaj tápanyagkészletének kiegyenlítésére műtrágyázás nélküli vakkísérletet végeztünk napraforgó csalamádéval és rozssal.

A tartamkísérletet 1967-ben állítottuk be és 1972-ben utóhatás vizsgálattal fejeztük be. 1967–1971-ig, 4 éven át halmozott műtrágyázást alkalmaztunk. A kísérlet módját adott arra, hogy a lassan ható nitrogén műtrágyák kumulatív hatását is vizsgáljuk.

A kísérletben a jelzőnövények sorrendje a következő volt: 1968-ban szudánifű, 1969-ben rozs, 1970-ben őszi búza, 1971-ben őszi búza és 1972-ben szudánifű. A növényi sorrend ilyen összeállítását az indokolta, hogy meszes homok talajon tapasztalat szerint ezek a növények jó tesztnövényeknek bizonyultak.

A kísérletet 26 m<sup>2</sup>-es parcellákon, 5-szörös ismétlésben, 2 különböző N műtrágyaadaggal végeztük, split-plot, ill. két egymáshoz illesztett latin téglá elrendezésben.

A kísérlet kezelései a következők voltak:

2. táblázat

## A kísérlet kezelései

(1) Kezelés sorszáma	(2) Műtrágya adag		(3) Nitrogén formák
	A	B	
1	P <sub>35</sub> K <sub>40</sub>	P <sub>70</sub> K <sub>80</sub>	—
2	N <sub>100</sub> P <sub>35</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>200</sub> P <sub>70</sub> K <sub>80</sub>	a) Pétisó
3	N <sub>100</sub> P <sub>35</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>200</sub> P <sub>70</sub> K <sub>80</sub>	b) Karbamid
4	N <sub>100</sub> P <sub>35</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>200</sub> P <sub>70</sub> K <sub>80</sub>	c) Nitroform (USA)
5	N <sub>100</sub> P <sub>35</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>200</sub> P <sub>70</sub> K <sub>80</sub>	d) Floranid (NSZK)
6	N <sub>100</sub> P <sub>35</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>200</sub> P <sub>70</sub> K <sub>80</sub>	e) IBDU (Japán)
7	N <sub>100</sub> P <sub>35</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>200</sub> P <sub>70</sub> K <sub>80</sub>	f) Varioform I (magyar)
8	N <sub>100</sub> P <sub>35</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>200</sub> P <sub>70</sub> K <sub>80</sub>	g) Varioform II (magyar)
9	N <sub>100</sub> P <sub>35</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>200</sub> P <sub>70</sub> K <sub>80</sub>	h) Monit
10	N <sub>100</sub> P <sub>35</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>200</sub> P <sub>70</sub> K <sub>80</sub>	i) Monipol (magyar)

A kísérleti terület 1971—1972-ben egységesen:  $\emptyset$ , 35 kg  $P_2O_5$  és 40 kg  $K_2O$ /ha műtrágyázásban részesült. A foszforműtrágya 18%-os szuperfoszfát, a káliumműtrágya pedig 40%-os kálisó volt.

A kísérleti eredmények értékelésénél a szudánifűnél a szárazanyaghozamot a kalászosoknál pedig a szem és szalma termést vettük figyelembe.

A termésekből meghatároztuk azok N, P és K tartalmát és ennek figyelembe vételével kiszámítottuk az 1 hektárra eső felvett nitrogén, foszfor és kálium mennyiségeket. A kapott adatok és a bevitt nitrogén műtrágya hatóanyag alapján elkészítettük a kísérlet N-mérlegét, kiszámítottuk a nitrogén hasznosulását.

Megjegyezni kívánjuk, hogy az 1969/70 évi búzatermés a rossz időjárás következtében rendkívül alacsony volt, ezért ennek termését nem értékeltük.

A kísérlet értékelése variancia analízissel történt. A számításokat WELLISCH, P. matematikus végezte el, munkájáért ezúton is köszönetet mondunk.

A talaj összes-N tartalmát TYURIN szerint, P és K tartalmát pedig az AL-módszerrel határoztuk meg. A kísérleti nitrogén műtrágyák N tartalmát az A.O.A.C.-módszer szerint szalicilsavat és  $Na_2S_2O_3 \cdot 5 H_2O$ -t tartalmazó kén-savas roncsolatból állapítottuk meg. A növényminták tápanyagtartalmát vagyis beltartalmi értékeit (NPK), kén-savas +  $H_2O_2$  roncsolatból határoztuk meg. A nitrogén meghatározás Kjeldahl-módszerrel, a foszfor meghatározás kolorimetrikusan, a kálium meghatározás pedig lángfotométerrel történt.

### Kísérleti eredmények és értékelésük

Az 1967—1972 évek terméseredményeit a 3. táblázatban tüntettük fel. A 4. táblázat az 1968., 1969., 1970., 1971. és 1972. évi termések N, P és K tartalmát adja meg a légszáraz (70 °C-on szárított) anyag százalékában kifejezve. Az 5. táblázatban a kísérlet tartama alatt a terméssel felvett nitrogén, foszfor és kálium mennyiségeket foglaltuk össze, növényenként és összesen. Az N-mérleget és a nitrogén hatóanyag hasznosulását a 6. táblázatban mutatjuk be. A tápanyaghatékonyság eredményeit, vagyis a kísérlet ideje alatt elért terméshozamokat illetve terméstöbbleteket és az 1 kg hatóanyagra jutó terméstöbbletet gabonaegységben (GE) kifejezve a 7. táblázatban tüntettük fel.

#### *a) A lassan ható nitrogén műtrágyák hatása a termésekre*

A műtrágyázás hatását kezelésenként mindkét szinten és azok átlagait, továbbá a két adag közti különbségeket a kezelések átlagában évente a két-dimenziós eredménytáblázatokban mutatjuk be.

A szudánifű szárazanyaghozama (3/A táblázat) az első évben a különböző nitrogén műtrágyák hatására a két adag átlagában 15,65 és 31,91 q/ha mennyiségek között változott. A legnagyobb termést a karbamid és a Variiform II, a legkisebbet a Floranidos kezelésekben mértük. A karbamidos és a Variiform II kezelés, a Monit és a Variiform I kezelések kivételével a többi nitrogén kezeléseknél szignifikánsan nagyobb termést adott. A pétisó hatása ugyancsak szignifikánsan volt jobb, mint a Nitroform, Floranid és IBDU lassan ható műtrágyáké. Érdekes viszont, hogy a Variiform II kezelés szignifikánsan nagyobb termést adott, mint a pétisó. Ez azzal magyarázható, hogy a Variiform II egy alacsonyan kondenzált aminoplaszt készítmény, melyben

3. táblázat

## Terméseredmények q/ha

(1) Kísérleti növény és kezelések száma	(2) N-szint			SzD <sub>5%</sub>	(3) Átlag	%
	A N <sub>100</sub>	B N <sub>200</sub>	B-A			
<b>A) Szudánifü szárazanyag-hozam 1967—68</b>						
1.	12,07	11,06	-1,01		11,57	100,0
2.	22,62	23,55	0,93		23,09	199,6
3.	25,26	36,35	11,09		30,81	266,3
4.	14,01	20,08	6,06		17,05	147,4
5.	14,78	16,51	1,73	6,51	15,65	135,3
6.	16,43	22,14	5,71		19,29	166,7
7.	21,12	30,06	8,94		25,59	221,2
8.	28,18	35,64	7,46		31,91	275,8
9.	24,87	30,17	5,30		27,52	237,9
10.	20,83	29,14	8,31		24,99	216,0
SzD <sub>5%</sub>		6,51	9,18		4,62	39,9
Átlag	20,02	25,47	5,45	2,05	22,75	
%	100,0	127,2	27,2	10,2	113,6	
<b>B) Rozs szemtermés 1968—69</b>						
1.	5,71	5,29	-0,42		5,50	100,0
2.	11,74	11,42	-0,32		11,59	210,7
3.	11,64	13,96	2,32		12,80	232,7
4.	10,16	12,27	2,11		11,22	204,0
5.	10,90	16,40	5,50	3,27	13,65	248,2
6.	12,38	15,87	3,49		14,13	256,9
7.	11,21	12,69	1,48		11,96	217,5
8.	10,47	15,76	5,29		13,12	238,5
9.	13,43	14,39	0,96		13,91	252,9
10.	10,69	13,65	2,96		12,17	221,3
SzD <sub>5%</sub>		2,35	3,31		1,67	30,4
Átlag	10,83	13,17	2,34	2,46	12,00	
%	100,0	121,6	21,6	22,7	110,8	
<b>C) Őszi búza szemtermés 1970—71</b>						
1.	4,51	6,12	1,61		5,32	100,0
2.	16,99	22,65	5,66		19,82	372,6
3.	18,64	22,02	3,38		20,33	382,1
4.	13,17	19,63	6,46		16,40	308,3
5.	12,88	20,18	7,30	8,75	16,53	310,7
6.	17,00	23,31	6,31		20,16	378,9
7.	16,79	19,86	3,07		18,33	344,5
8.	14,99	24,55	9,56		19,77	371,6
9.	17,42	19,27	1,85		18,35	344,9
10.	13,52	17,83	4,31		15,68	294,7
SzD <sub>5%</sub>		4,08	5,75		2,89	54,3
Átlag	14,59	19,54	4,95	7,95	17,07	
%	100,0	133,9	33,9	54,5	117,0	
<b>D) Szudánifü szárazanyag-hozam 1971—72</b>						
1.	40,16	40,70	-0,54		40,43	100,0
2.	51,46	40,68	10,78		46,07	114,0

3. táblázat folytatása

(1) Kísérleti növény és kezelések száma	(2)			SzD <sub>5%</sub>	(3) Átlag	%
	A N <sub>100</sub>	B N <sub>200</sub>	B-A			
3.	40,08	34,50	5,58	18,37	37,29	92,2
4.	54,56	58,44	-3,88		56,50	139,7
5.	56,98	55,56	1,42		56,27	139,2
6.	58,28	68,74	-10,46		63,51	157,1
7.	52,46	45,78	6,68		49,12	121,5
8.	48,74	43,00	5,74		45,87	113,5
9.	43,92	46,22	-2,30		45,07	111,5
10.	43,40	49,72	-6,32		46,51	115,0
SzD <sub>5%</sub>	15,38		21,68		10,91	27,0
Átlag	48,99	48,33	0,66		11,53	48,67
%	100,0	98,7	1,3	23,5	99,3	

a fő nitrogén forrást képező karbamid egyenletesen és könnyen oldódik ki a matrixból. Egyébként a PK kontrollhoz viszonyítva valamennyi nitrogén kezelés igazolhatóan nagyobb termést adott.

A két műtrágyaszint között a kezelések átlagában a különbség szignifikáns volt. Az egyes nitrogén kezelések közül a pétisó, Nitroform, Floranid és IBDU kivételével a többi esetben a két adag közti különbség ugyancsak igazolható volt.

A második évben a rozs szemtermése (3/B táblázat) a nitrogén műtrágyázás hatására kisebb ingadozást mutatott, mint a szudánifű. A két szélső érték 11,6 és 14,0 q/ha szemtermés volt. A PK kontrollhoz képest minden nitrogén kezelés szignifikánsan nagyobb termést adott ebben az évben is. Az egyes nitrogén műtrágyák hatása közül a pétisóhoz képest a Floranid, IBDU és a Monit műtrágyák szignifikánsan nagyobb szemtermést eredményeztek. A Floranid és IBDU esetében ebben közrejátszott magas aktivitásuk is (A<sub>i</sub> = 100, ill. 97), aminek következtében nitrogénjük jól hasznosult.

A két adag között a terméskülönbség a nitrogén kezelések átlagában nem szignifikáns, azonban a Floranid, IBDU és a Varioform II esetében szignifikáns terméskülönbségeket kaptunk a két adag között.

A kísérlet harmadik évében a szélsőséges éghajlati viszonyok miatt oly alacsony terméseket kaptunk (1–2 q/ha őszi búza szemtermés), melyet nem tudtunk értékelni.

A kísérlet negyedik évében őszi búza jelzőnövényvel (3/C táblázat) kapott szemtermés a nitrogénes kezeléseknél a két adag átlagában 15,68 és 20,33 q/ha nagyságok között változott. A legnagyobb szemtermést most is a karbamidos kezelés, a legkisebb termést a Monipol kezeléseknél mértük. A PK kezelésekhöz viszonyítva rendszeresen és most is igazolható terméstöbbletet kaptunk a különböző nitrogén kezelések hatására. A karbamidos, IBDU és pétisó kezelésekhöz képest a Nitroform, Floranid és Monipol kezelések igazolhatóan kisebb termést adtak. Megjegyezzük, hogy az IBDU műtrágya, ha nem is szignifikánsan, de nagyobb termést adott, mint a pétisó. A két adag között a terméskülönbség a kezelések átlagában most nem volt szignifikáns. Az egyes kezeléseknél a két adag közti különbség a pétisó, Nitroform, Floranid, IBDU és a Varioform II használata esetén volt igazolható.

4. táblázat

## A kísérleti növények beltartalmi értékei

(1) Kísérleti növény és kezelések száma	A			B		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	%					
<b>A) Szudánifű 1967—68</b>						
1.	0,79	0,37	1,88	0,77	0,38	1,77
2.	1,04	0,38	1,87	1,39	0,40	1,71
3.	1,05	0,37	1,71	1,32	0,38	1,61
4.	0,91	0,40	2,02	0,97	0,36	1,96
5.	0,86	0,40	1,88	0,98	0,43	2,06
6.	0,93	0,38	1,97	1,02	0,39	1,90
7.	1,10	0,38	2,17	1,45	0,41	1,73
8.	0,93	0,33	1,47	1,33	0,40	1,49
9.	1,05	0,33	1,62	1,47	0,42	1,58
10.	1,20	0,41	2,36	1,50	0,43	2,00
Átlag	0,986	0,375	1,895	1,22	0,40	1,78
<b>B) Rózsa szem 1968—69</b>						
1.	1,51	0,87	0,66	1,60	0,95	0,66
2.	1,50	0,83	0,71	1,50	0,88	0,67
3.	1,47	0,79	0,67	1,54	0,87	0,64
4.	1,50	0,89	0,69	1,50	0,91	0,67
5.	1,54	0,83	0,68	1,71	0,83	0,66
6.	1,60	0,92	0,65	1,60	0,82	0,62
7.	1,44	0,89	0,66	1,54	0,80	0,66
8.	1,40	0,87	0,69	1,60	0,77	0,66
9.	1,60	0,75	0,64	1,81	0,70	0,60
10.	1,44	0,90	0,67	1,47	0,73	0,66
Átlag	1,50	0,854	0,672	1,587	0,826	0,65
<b>C) Őszi búza 1969—70</b>						
1.	2,51	0,86	0,50	2,65	1,01	0,48
2.	2,55	0,87	0,52	2,65	0,94	0,53
3.	2,71	0,83	0,50	2,75	0,92	0,48
4.	2,55	0,91	0,55	2,68	0,93	0,50
5.	2,65	0,92	0,52	2,71	0,95	0,53
6.	2,71	0,94	0,52	2,75	0,94	0,50
7.	2,61	0,93	0,53	2,65	0,95	0,50
8.	2,78	1,05	0,56	2,77	1,04	0,48
9.	2,71	0,88	0,48	2,71	0,98	0,48
10.	2,75	0,89	0,48	2,68	0,90	0,48
Átlag	2,653	0,908	0,516	2,70	0,956	0,496
<b>D) Őszi búza 1970—71</b>						
1.	2,16	0,88	0,53	2,13	0,89	0,50
2.	2,14	0,89	0,55	2,39	0,89	0,49
3.	2,04	0,85	0,51	2,49	0,85	0,45
4.	2,07	0,93	0,53	2,22	1,04	0,50
5.	2,11	0,90	0,51	2,32	0,92	0,49

4. táblázat folytatása

(1) Kísérleti növény és kezelések száma	A			B		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	%					
6.	2,26	0,99	0,52	2,47	0,89	0,50
7.	1,97	0,82	0,45	2,29	0,81	0,46
8.	2,14	0,92	0,51	2,39	0,83	0,43
9.	2,07	0,85	0,46	2,48	0,95	0,48
10.	2,09	0,90	0,49	2,16	0,94	0,49
Átlag	2,105	0,893	0,506	2,334	0,901	0,479
<i>E) Szudánifű 1971—72</i>						
1.	0,48	0,33	1,43	0,50	0,44	1,52
2.	0,47	0,45	1,45	0,53	0,53	1,65
3.	0,58	0,45	1,49	0,54	0,57	1,77
4.	0,56	0,45	1,40	0,50	0,49	1,44
5.	0,57	0,42	1,38	0,50	0,45	1,38
6.	0,49	0,43	1,36	0,56	0,47	1,41
7.	0,55	0,45	1,44	0,58	0,50	1,59
8.	0,51	0,43	1,48	0,50	0,53	1,68
9.	0,42	0,46	1,65	0,56	0,50	1,55
10.	0,52	0,44	1,45	0,54	0,51	1,58
Átlag	0,515	0,431	1,453	0,531	0,499	1,557

A negyedik évet követően utóhatás vizsgálatot végeztünk szudánifű jelzőnövényvel (3/D táblázat).

A szudánifű szárazanyaghozama a termesztési viszonyokat tekintve magas volt és a nitrogén kezelésekben 37,29 és 63,51 q/ha nagyságrend között változott. A PK kontroll kezelésekhez viszonyított terméseket vizsgálva, szignifikáns utóhatást a Nitroform, Floranid és IBDU kezelésekben mértünk. Ezek a kezelések a pétisó, karbamid és Monit kezelésekhez képest is megbízhatóan nagyobb termést eredményeztek. Ezen kívül a karbamidos kezeléshez viszonyítva még a Varioform I kezelés is szignifikánsan nagyobb utóhatást biztosított.

A kezelések között szignifikáns terméstöbbletet mértünk a Nitroform, Floranid és IBDU esetén a nagyobb adagnál a pétisóhoz és karbamidhoz képest. A kisebb adagnál pedig a karbamidos kezeléshez képest a Floranid és IBDU mutatott szignifikáns terméskülönbséget. A két adag közti utóhatást vizsgálva a kezelések átlagában nincs igazolható különbség.

Az utóhatás vizsgálat végeredményben azt igazolta, hogy a lassan ható nitrogénformák igen jelentős utóhatással rendelkeznek.

*b) A lassan ható nitrogén műtrágyák hatása a növények NPK tartalmára és a tápanyagfelvételre*

A kísérlet első évében (1967—1968) mindkét hatóanyagszinten a vízőldható nitrogén műtrágyák (pétisó és karbamid) esetén a szudánifű N tartalma nagyobb volt, mint a klasszikus ureaform típusú készítményeknél.

Az alacsonyabb kondenzációs fokú Varioform és Monipol készítményeknél az N tartalom hasonló volt a pétisóhoz és a karbamidéhoz. Megfigyelhető

volt azonban, hogy a Nitroformnál, Floranidnál és IBDU-nál kedvezőbb volt a növény P és K tartalma, ami feltételezi ezen N-formák kedvező hatását a P és K felvételre (4/A táblázat).

A második évben a rozs N tartalmában (1968—1969) a klasszikus ureaform típusú műtrágyáknál (Nitroform, Floranid és IBDU) már nagyobb értékeket mértünk. A P és K tartalom az összes N-kezelések átlagában közel azonos szintet mutatott (4/B táblázat).

A kísérlet harmadik évében (1969—1970) a három ureaform típusú műtrágya a kezelések többségében mindkét hatóanyagszinten kedvezően befolyásolta az őszi búza N és P tartalmát. Az alacsony kondenzációs fokú magyar készítmények (Varioform és Monipol) szintén ezt a tendenciát mutatták. A növény kálium tartalma minden kezelésnél közel azonos volt (4/C táblázat).

A negyedik évi (1970—1971) őszi búza szemtermés tápanyag tartalmának alakulása az előző évihez hasonló volt. Itt is megfigyelhető volt a lassan ható N-formák kedvező hatása a növény P tartalmának alakulására. Az N tartalomban nagyobb ingadozást tapasztaltunk (4/D táblázat).

Az ötödik évben (1971—1972) szereplő szudánifűvel a műtrágyák utóhatását vizsgáltuk. A vízzoldható és lassan ható nitrogénformák között az N, P és K tartalomban csak kisebb különbséget találtunk, a beltartalmi értékek kiegyenlítettebbek voltak (4/E táblázat).

5. táblázat

**A termékek által felvett nitrogén, foszfor és kálium mennyiségek (1967—1972)**

(1) Kezelés sorszáma és N-szint	(2) Felvett tápanyag, kg/ha		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	57,12	35,34	100,89
2	126,51	70,99	165,61
3	127,23	65,40	152,36
4	101,74	59,44	142,87
5	115,26	60,81	145,22
6	124,55	72,99	159,32
7	124,44	68,73	166,63
8	119,49	65,42	153,30
9	127,42	67,13	156,97
10	107,86	59,70	147,72
1	61,72	43,93	105,05
2	172,02	82,28	174,04
3	182,78	83,72	182,79
4	136,86	85,43	177,66
5	150,27	83,76	173,87
6	178,95	93,49	204,85
7	165,12	78,39	177,07
8	194,87	93,06	198,03
9	183,74	83,82	179,26
10	160,00	82,95	192,08

A tápanyagfelvétel vizsgálatát a termékek által felvett nitrogén, foszfor és kálium mennyiségek összehasonlítása alapján végeztük el (5. táblázat). Az adatok tartalmazzák az 1969—1970. évi őszi búza tápanyagfelvételét is.

Ha a nitrogénes kezelésekben a felvett N mennyiségeket vizsgáljuk, azt találjuk, hogy az alacsonyabb N-szinten (100 kg N/ha) csak a Nitroform és a Monipol kezelés nitrogén felvétele maradt alacsony, a többi kezelésben a vízoldható nitrogénformák és a kondenzációs termékek között lényeges különbség nem volt. A nagyobb N-szinten (200 kg N/ha) kimagasló N felvételt találunk a Varioform II-nél (ez alacsony kondenzációs fokú készítmény). Az egyes kezelések közül az IBDU és a Monit nitrogén felvétele jelentősebb, míg a többi kezelések között a különbségek elmosódtak. Mindkét N-szinten a Nitroform és a Floranid valamivel alacsonyabb N felvételt eredményezett, mint a vízoldható pétisó és a karbamid kezelések.

A foszfor felvétel az alacsonyabb N-szinten nem adott lényeges különbséget az egyes műtrágyaformák között, magasabb N-szinten viszont az IBDU-nál és a Varioform II-nél jelentősebb foszfor felvétel növekedést tapasztaltunk.

A kálium felvétel alacsonyabb N-szinten a pétisó, IBDU és a Varioform I kivételével kiegyenlített. Magasabb N-szinten viszont az IBDU, a Varioform II és a Monipol kálium felvétele lényegesen nagyobb a vízoldható nitrogén műtrágyához képest.

A növények N, P és K tartalmának elemzésénél már utaltunk arra, hogy a lassan ható nitrogén műtrágyák némely esetben növelték a növények P tartalmát. A tápanyagfelvétel elemzésénél ez a tendencia már határozottabban jelentkezik és nemcsak a foszfor, de a kálium felvételénél is pozitív hatás észlelhető. Ezek alapján nem látszik túl merésznek azt a következtetést levonni, hogy a karbamid-kondenzációs műtrágyák lassú N leadása kedvez a növények foszfor és kálium felvételének és általában egy egyenletes nitrogénforrás előnyösen befolyásolja a növények foszfor és kálium ellátását.

### *c) Az N-mérleg és a nitrogén hasznosulása*

Az N-mérleg lehetővé teszi, hogy részletesen vizsgálhassuk a lassan ható nitrogén műtrágyák hatását és elvégezhesük a szükséges összehasonlításokat, a vízoldható és a kondenzációs nitrogén műtrágyák között (6. táblázat).

Az 5 év folyamán különböző N műtrágyából felvett nitrogén mennyiségek összehasonlítása arra mutat rá, hogy az N felvétel általában a vízoldható műtrágyák esetében volt jobb. Az IBDU-nál és a Varioform II-nél csak magasabb N-szinten találunk kiugró N felvételt. Az IBDU magas aktivitása ( $A_1 = 97$ ) és a Varioform II alacsony kondenzációs foka a magyarázata ennek a kedvező hatásnak.

A nitrogén hasznosulását vizsgálva kitűnik, hogy a műtrágyák hasznosulása igen alacsony. Az N-hasznosulás általában a vízoldható N-formáknak kedvez, ami természetes is, hiszen nitrogénjüket a növény könnyebben tudja felvenni, mint a kondenzációs műtrágyáknál a makromolekulavázba beépült nitrogént. A kondenzációs műtrágyák N-hasznosulása változó, ugyanakkor az IBDU a pétisóhoz, a Varioform II pedig a pétisóhoz és karbamidhoz képest is jobb hasznosulást mutatott.

### *d) A lassú hatású nitrogén műtrágyák hatékonyságának vizsgálata*

A hatékonyság elemzéséhez kiszámítottuk a gabonaegységben (GE) kifejezett terméshozamokat és az 1 kg hatóanyagra eső terméstöbbleteket. Az adatokat a 7. táblázatban közöljük.

6. táblázat

## Az N-mérleg és a nitrogén hasznosulása

(1) Kezelések száma	(2) Adott nitrogén hatóanyag kg/ha	(3) Felvett nitrogén kg/ha	(4) Eltérés a kontrolltól	(5) Egyenleg	(6) Nitrogén hasznosulás %
1		57,12	—	—	—
2		126,51	69,39	330,61	17,35
3		127,23	70,11	329,89	17,53
4		101,74	44,62	355,38	11,16
5	400	115,26	58,14	341,86	14,53
6		124,55	67,43	332,57	16,86
7		124,44	67,32	332,68	16,83
8		119,49	62,37	337,63	15,59
9		127,42	70,30	329,70	17,57
10		107,86	50,74	349,26	12,68
1		61,72	—	—	—
2		172,02	110,30	689,70	13,79
3		182,78	121,06	678,94	15,13
4		136,86	75,14	724,86	9,39
5	800	150,27	88,55	711,45	11,07
6		178,95	117,23	682,77	14,65
7		165,12	103,40	696,60	12,92
8		194,87	133,15	666,85	16,64
9		183,74	122,02	677,98	15,25
100		160,00	98,28	701,72	12,28

A termésadatok azt mutatják, hogy alacsonyabb N-szinten az IBDU, Varioform I, II és a Monit kezelések közel azonos termést adtak, mint a vízdíható pétisó és karbamid kezelések. Magasabb N-szinten a legnagyobb terméshozamot az IBDU-nál és a Varioform II-nél kaptuk. Magasabb N-szinten az összes karbamid-kondenzációs vegyület a pétisónál nagyobb terméstöbbletet eredményezett.

Az egységnyi nitrogén hatóanyagra eső terméstöbbletet vizsgálva azt látjuk, hogy alacsonyabb N-szinten a karbamidhoz viszonyítva az IBDU, Varioform I és a Monit kezelések nagyobb, a többi kezelések közel azonos mennyiségeket képviselnek. Magasabb N-szinten már mindkét vízdíható műtrágyához, vagyis a pétisóhoz és a karbamidhoz képest az IBDU és a Varioform II jobb eredményt mutatott fel. Ez arra utal, hogy a lassan ható N műtrágyák közül az IBDU és a Varioform I és II nitrogénje több évi folyamatos műtrágyázás után akumulálódik és egyenletes leadást biztosítva nagyobb terméshozamban realizálódik.

Az egységnyi foszfor hatóanyagra jutó terméstöbblet növekedés csak a magasabb tápanyagszinten mutatkozik meg. Az IBDU és a Varioform II kezeléseknel a számított terméstöbblet felülmúlta a vízdíható műtrágyás kezeléseket.

Az 1 kg kálium hatóanyagra jutó terméstöbbletek mind az alacsonyabb, mind pedig a magasabb tápanyagszinten erős ingadozást mutatnak. Mindkét esetben az IBDU kimagaslóan növelte az egységnyi káliumra jutó terméstöbbletet.

7. táblázat

A tápanyaghatékonyság eredményei (1968—1972)

(1) Kezelés sorszáma és N-szint	(2) Termés GE q/ha		(3) 1 kg hatóanyagra jutó GE kg/ha		
	Összes	Többlet	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	34,46	—	—	—	—
2	66,83	32,37	8,09	18,50	16,18
3	64,19	29,73	7,43	16,99	14,86
4	56,88	22,42	5,60	12,81	11,21
5	58,57	24,11	6,03	13,78	12,05
6	66,58	32,12	8,03	18,35	16,06
7	65,86	31,40	7,85	17,94	15,70
8	63,41	28,95	7,24	16,54	14,47
9	66,96	32,50	8,12	18,57	16,25
10	55,97	21,52	5,38	12,29	10,75
1	35,81	—	—	—	—
2	70,52	34,71	4,34	11,02	9,64
3	74,78	38,97	4,87	12,37	10,82
4	71,78	35,97	4,50	11,42	9,99
5	74,57	38,76	4,84	12,30	10,77
6	85,44	49,63	6,20	15,76	13,79
7	72,51	36,70	4,59	11,65	10,19
8	83,09	47,28	5,91	15,01	13,13
9	74,01	38,20	4,77	12,13	10,61
10	73,03	37,22	4,65	11,82	10,34

A fentiek alapján a kondenzációs műtrágyáknál csak az IBDU és a Varioform II esetén állíthatunk határozott, terméstoppleben jelentkező pozitív hatást.

Összefoglalás

5 éves szabadföldi tartamkísérletben vízőldható és lassan ható nitrogén műtrágyákat hasonlítottunk össze egymással. A kísérletben 2 fajta vízőldható műtrágya: pétéisó és karbamid szerepelt, míg a lassan ható nitrogén műtrágyák 2 csoportra oszthatók: „ureaform” típusú vegyületek (Nitroform, Floranid és IBDU) és aminoplaszt alapú karbamid-kondenzációs készítmények (Varioform I, II és Monipol). Az ureaform-műtrágyák karbamidnak és valamilyen hidratált aldehidnek polikondenzációs vegyületei [21—28], az aminoplaszt alapú műtrágyák pedig valamilyen nitrogén műtrágyának vagy műtrágya-keveréknek karbamid-gyanta oldattal való kondenzált termékei [29, 30].

A kísérletek 1967-ben kezdődtek és 1972-ben utóhatásvizsgálattal fejeződtek be. Meszes homoktalajon 2 tápanyagszinten (100 kg N, 35 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 40 kg K<sub>2</sub>O és 200 kg N, 70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és 80 kg K<sub>2</sub>O/ha), szudánifű, őszi búza és rozs jelzőnövényekkel vizsgáltuk a fenti műtrágyák hatását a termés hozamra, a növények beltartalmi értékére és a felvett tápanyagok mennyiségére.

A termés hozamok alacsonyabb tápanyagszinten általában a pétéisó és a karbamidos kezelések értékei körül ingadoztak, míg nagyobb hatóanyagszinten a lassan ható nitrogén műtrágyák hatása általában jobb volt, mint a vízőldható műtrágyáké (3. táblázat).

A növények beltartalmi értékeinek elemzése azt mutatta, hogy tendencia mutatkozik meg a kondenzációs műtrágyáknál a P tartalom növekedésére (4. táblázat). A felvett tápanyag mennyiségek viszonylatában ez a tendencia nemcsak a foszfor, de a kálium esetében is észlelhető (5. táblázat).

Az N-mérleg (6. táblázat) vizsgálata azt mutatja, hogy a vízdoldható műtrágyák esetén a N felvétel általában jobb és csak az IBDU-nál és a Varioform II-nél találunk kiugró N felvételt a nagyobb adagú kezeléseknél. Az IBDU magas aktivitása ( $A_1 = 97$ ) és a Varioform II alacsony kondenzációs foka a magyarázata ennek a kedvező hatásnak.

A nitrogén hasznosulása általában alacsony. A N-hasznosulás a vízdoldható N-formáknak kedvez, minthogy a kondenzációs műtrágyáknál a makromolekula vázba beépült nitrogén nehezebben érvényesül.

Az 1 kg hatóanyagra jutó terméstebbletekre (7. táblázat) a nagyobb hatóanyagszinten a lassan ható nitrogén-műtrágyák általában kedvező hatással vannak. A lassan ható nitrogén műtrágyák a fajlagos foszforhatást pozitívan, a káliumhatást nem kifejezett módon befolyásolják.

Összességében a lassan ható nitrogén műtrágyák 4 éves kumulatív műtrágyázás esetén, hatásukat és hatékonyságukat tekintve kedvezően ítélték meg és különösen az IBDU és a Varioform II mutat fel jobb eredményt a vízdoldható nitrogén műtrágyákhoz képest.

### I r o d a l o m

- [1] ABDEL GHANI, A. M.: Vegetationsversuche mit bebrüteten Harnstoffkondensaten bei verschiedener Bodenbehandlung. Z. Pflernähr. Düng. Bodenk. **103**. 227—234. 1963.
- [2] ALMÁSSY, Gy.: Adatok műtrágya hatású karbamid-formaldehid kondenzátum technológiájához. Magyar Kémikusok Lapja **28**. 442—450. 1973.
- [3] ANSORGE, H.: Untersuchungen über die Anwendbarkeit einiger organischer Stickstoffverbindungen als langsam wirkende Stickstoffdüngemittel. Kühn-Archiv. **69**. 283—319. 1955.
- [4] ANSORGE, H.: Stickstoffnachlieferung und Stickstoffausnutzung von langsam wirkenden N-Düngemitteln (Ureaform). Z. Landw. Vers. Unters. Wes. **8**. 357—368. 1962.
- [5] ATANASIU, N.: Wirkung schwerlöslicher N-Verbindungen. Z. Pflernähr. Düng. Bodenk. **84**. 103—110. 1959.
- [6] BAUMANN, E. & LEPIKSAAR, I.: Versuche zur Verwendung von schwerlöslichen Stickstoffdüngern im Gemüsebau. Albrecht-Thaer-Archiv. **7**. 733—740. 1963.
- [7] BLJUM, B. G.: Effektivnoszt' komplexnüh udobrenij polucsennüh na osznove mocsevino-formaldehidnüh szoedinenij. Agrohimiya. (1) 20—27. 1966.
- [8] BURKHARDT, H.: Die Wirkung unterschiedlich geteilter Stickstoffgaben zu Futterroggen und Zweitfruchtmais. Albrecht-Thaer-Archiv. **11**. 785—794. 1967.
- [9] GÁTI, F.: Untersuchungen über die Düngewirkung der Harnstoffkondensations-Stickstoff-Verbindungen von unterschiedlicher Löslichkeit. In: Die Erhöhung der Fruchtbarkeit der Sandböden. Vorträge der Internationalen Koordinierenden Arbeitstagung in Budapest. 1965. 163—172. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1967.
- [10] HEYMANN, W.: Ein Vergleich von langsamwirkenden Stickstoffdüngemitteln (Harnstoff-Kondensate) mit Kalkammonsalpeter im Gefässversuch. Albrecht-Thaer-Archiv. **9**. 823—830. 1965.
- [11] JUNG, J.: Über langsam wirkende Stickstoffverbindungen, insbesondere Crotonylidendiarnstoff. Z. Pflernähr. Düng. Bodenk. **94**. 39—47. 1961.
- [12] KNOP, K. & MAŠTALIŘ, L.: Mineralizace dusíku mocovinoformaldehydových hnojiv (ureaformú) I a II sdělení. Rostlinná výroba. **12**. 123—138. 1966.
- [13] KRALOVEC, R. D. R MOYGAN, W. A.: Condensation products of urea and formaldehyde as fertilizer with controlled nitrogen availability. J. Agric. Fd. Chem. **2**. 92—95. 1954.

- [14] KRÁMER, M., KOZÁK, M. & LÁNG, I.: Effect of Potassium Metaphosphate on the Dry Matter Yield and the Nutrient Uptake of Rye Seedlings, Cow-Pea (*Vigna sinensis* L.) and Tobacco Plants in Pot Experiments. *Agrokémia és Talajtan.* **17**. Suppl. 55—62. 1968.
- [15] KUNTZE, H.: Der Einfluss von Harnstoff-Acetaldehydkondensaten auf die Nährstoffaufnahme der Pflanzen. *Z. Pflernähr. Düng. Bodenk.* **86**. 206—214. 1959.
- [16] LÁSZTITY, B.: Különböző káliumműtrágyák hatásának vizsgálata karbonátos homokon kukorica jeltőnévennyel. *Agrokémia és Talajtan.* **25**. 31—40. 1976.
- [17] LONG, M.I.E. & WINSOR, G.W.: Isolation of some urea-formaldehyde compounds and their decomposition in soil. *J. Sci. Fd. Agric.* **11**. 441—445. 1960.
- [18] SCHEFFER, F., HENZE, R. & METZLER, K.: Über die Wirkung von Harnstoff-Acetaldehyd-Kondensaten (Urea-Z) als schwerlöslich Stickstoffdünger. *Z. Pflernähr. Düng. Bodenk.* **106**. 27—31. 1964.
- [19] SCHEFFER, F., PAJENKAMP, H. & v. UEXKÜLL, H.: Kondensationsprodukte aus Harnstoff und Acetaldehyd als Dünger mit langsam fließender Stickstoffquelle. *Z. Pflernähr. Düng. Bodenk.* **75**. 1—16. 1956.
- [20] SCHMALLFUSS, K. & MICHAEL, G.: Kondensationsprodukte von Harnstoff und Formaldehyd als Stickstoffquelle für die Ernährung der Pflanzen. *Z. Pflernähr. Düng. Bodenk.* **72**. 193—200. 1956.
- [21] 431.585 (1924) sz. német szabadalom.
- [22] 2,415.705 (1947) sz. USA szabadalom.
- [23] 1,081.482 (1948) sz. német szabadalom.
- [24] 956.459 (1950) sz. francia szabadalom.
- [25] 2,592.809 (1952) sz. USA szabadalom.
- [26] 2,845.401 (1952) sz. USA szabadalom.
- [27] 5372 (1962) sz. japán szabadalom.
- [28] 7942 (1963) sz. japán szabadalom.
- [29] 151.300 (1960) sz. magyar szabadalom.
- [30] 151.715 (1961) sz. magyar szabadalom.
- [31] STÄHLIN, A.: Über die Rolle des Stickstoffs im Futterbau. *J. Sci. Agric. Soc. Finland.* **36**. 38—49. 1964.
- [32] WINSOR, G.W. & LONG, M.I.E.: Mineralisation of the nitrogen of ureaformaldehyde compounds in relation of the soil pH. *J. Sci. Fd. Agric.* **8**. 560—564. 1956.
- [33] YEE, J.Y. & LOVE, K.S.: Nitrification of Urea-Formaldehyde Reaction Products. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* **11**. 389—392. 1946.

Érkezett: 1976. szeptember 14.

## Study of Slowly Available Nitrogen Fertilizers on Calcareous Sandy Soil

F. GÁTI and B. LÁSZTITY

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

### Summary

Slowly available and water soluble nitrogen fertilizers have been compared in a five years old long-term field experiment. Ammonium nitrate with lime and urea are the water soluble nitrogen fertilizers, ureaform compounds (Nitroform, Floranid and IBDU) and the condensation products of urea-formaldehyde on aminoplast base (Varioform I, II and Monipol) are the slowly available nitrogen fertilizers. Ureaform compounds are produced by reacting urea with one of the hydrated aldehydes [21—28], the fertilizers on aminoplast base are manufactured by the condensation of a nitrogen fertilizer or fertilizer mixture and an urea-resin solution [29, 30].

The experiments were started in 1967 and finished in 1972 with a residual effect experiment. The effects of water soluble and slowly available nitrogen fertilizers on the crop yield, the chemical composition of crops and the amount of nutrients taken up by the plants have been studied on a calcareous sandy soil at two nutrient levels (A = 100 kg

N, 35 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 40 kg K<sub>2</sub>O, B = 200 kg N, 70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 80 kg K<sub>2</sub>O per hectare) with Sudangrass, rye and wheat test plants. The method of investigation gave the possibility to calculate the N-balance and the recovery of nitrogen from the fertilizers.

The dry matter yields of the fodder plants, the crop- and straw yields of cereals were considered at the interpretation of the experimental data. The yields of different test plants are given in cereal unit. At low nutrient level (A) the yields are only slightly effected by different fertilizer treatments, whereas at higher nutrient level (B) the responses to slowly available fertilizers exceeded that of the water soluble fertilizers. Especially the yields of IBDU and Varioform II fertilizers rised above the water soluble fertilizers (Table 3 and 7).

The phosphorus contents of test plants are higher in the case of slowly available fertilizer treatments considering the chemical composition data (Table 4.). This positive effect of slowly available fertilizers is more distinct in the case of phosphorus and potassium uptake (Table 5.).

Data of N-balance (Table 6.) show, that the nitrogen uptake is generally higher at the water soluble fertilizers only the IBDU and Varioform II. fertilizers produced distinguishly high nitrogen uptake at the higher nutrient level (B). This advantageous results may be explained by the high activity ( $A_i = 97$ ) of the IBDU and by the low degree of condensation of the Varioform II fertilizers.

Recovery of nitrogen from the fertilizers is generally low, especially from the slowly available fertilizers, because of the slow release of nitrogen situated in the structure of the macromolecules of condensed fertilizers.

Yield increases per unit of added fertilizer (Table 7.) verify the advantages of the slowly available nitrogen fertilizers at the higher nutrient level. This can be explained partly by the accumulation of the slowly available nitrogen sources after succeeding application in the soil and partly by the permanent release of nitrogen from these fertilizers resulting yield increases. The specific phosphorus effect strongly, the specific potassium effect slightly were influenced by the slowly available nitrogen fertilizers.

The four years old succeeding fertilization with slowly available nitrogen fertilizers may be evaluated positively considering their efficiency and their effects. Especially the IBDU and Varioform II slowly available fertilizers produced better results than the water soluble fertilizers.

*Table 1.* Characteristics of the soil of experimental area (1) Humus %, (2) Total-N.

*Table 2.* Fertilizer treatments. (1) Number of treatments, (2) Rate of fertilization, q/ha, (3) Forms of nitrogen *a)* ammonium nitrate with lime (Hungarian), *b)* Urea (Hungarian), *c)* Nitroform (USA), *d)* Floranid (Germany), *e)* IBDU (Japan), *f)* Varioform I (Hungarian), *g)* Varioform II (Hungarian), *h)* Monit (Hungarian), *i)* Monipol (Hungarian).

*Table 3.* Yields of test plants, q/ha. (1) Test plant and number of treatments: *A)* Dry matter yield of Sudangrass in 1967–68, *B)* Crop yield of rye in 1968–69, *C)* Crop yield of wheat in 1970–71, *D)* Dry matter yield of Sudangrass in 1971–72, (2) N-level. 3. Average.

*Table 4.* Chemical composition of the test plants (1) and *A)–B)* see Table 3. *C)* Wheat in 1969–70, *D)* Wheat in 1970–71, *E)* Sudangrass in 1971–72.

*Table 5.* Nitrogen, phosphorus and potassium uptake in 1967–72. (1) N-level and number of treatments, (2) Nutrient uptake, kg/ha.

*Table 6.* N-balance and recovery of nitrogen, (1) Number of treatments, (2) Nitrogen dressings, kg/ha, (3) Uptake of nitrogen, kg/ha, (4) Deviation from the control, (5) Balance. (6) Recovery of nitrogen in percent.

*Table 7.* Efficiency of nutrients. (1) Treatments, numbers, N-levels, (2) Yield in cereal unit, q/ha, total and increases, (3) Yields in cereal unit per unit of added, N,P,K, in kg/ha.

## Versuche mit langsam wirkenden Stickstoffdüngemitteln auf karbonathaltigen Sandböden

F. GÁTI und B. LÁSZTITY

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

### Zusammenfassung

In einem Feldversuch wurden 5 Jahre lang wasserlösliche und langsam wirkende Stickstoffdünger mit einander verglichen. Die angewendeten wasserlöslichen Stickstoffdünger waren: Kalkammonsalpeter und Harnstoff. Die langsam wirkenden Dünger kann man in zwei Gruppen einteilen: *a*) Verbindungen auf Ureaform-Basis (Nitroform, Floranid und IBDU) und *b*) Aminoplast-Harnstoff Kondensationsverbindungen (Varioform I., II. und Monipol). Die ureaformartigen Düngemittel sind Polykondensationsverbindungen des Harnstoffes und eines hydratierten Aldehyds [21–28], während die Aminoplast-Düngemittel die Kondensationsprodukte von Düngemitteln oder Düngemittelmischungen und von Harnstoff-Harz-Lösungen sind [29, 30].

Die Versuche wurden 1967 begonnen und im Jahre 1972 mit Untersuchung der Nachwirkung beendet. Die Wirkung der obengenannten Düngemittel auf den Ertrag und den Nährstoffgehalt der Pflanzen wurde auf einem kalkhaltigen Sandboden, auf 2 Nährstoffstufen (A = 100 kg N, 35 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 40 kg K<sub>2</sub>O; B = 200 kg N, 70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 80 kg K<sub>2</sub>O pro Hektar) mit Sudangras, Roggen und Winterweizen getestet. Es wurde auch die Stickstoffbilanz und der Ausnutzungsgrad des Stickstoffes berechnet.

Bei der Auswertung der Ergebnisse wurde im Falle von Futterpflanzen der Trockensubstanzertrag, im Falle von Getreide der Korn- und Strohertrag betrachtet. Alle Erträge wurden einheitlich in Getreideeinheiten (GE) angegeben. Auf der niedrigeren Nährstoffstufe (A) erwiesen sich die verglichenen N-Dünger gleichwertig, während auf der höheren Stufe (B) die Wirkung der langsam wirkenden Stickstoffdüngemittel, besonders des IBDU und des Varioform II, höher war (Tab. 3. und 7.).

Die Analysenergebnisse der pflanzlichen N-, P- und K-Gehalte sprachen dafür, dass die Kondensationsverbindungen auf den Anstieg des P%-Gehaltes einen gewissen Einfluss ausgeübt haben (Tab. 4.). Bei den Mengen der aufgenommenen Nährstoffe tritt diese Tendenz schon viel ausgeprägter zum Vorschein und es kann nicht nur bei der Phosphor-, sondern auch bei der Kaliumaufnahme eine positive Wirkung festgestellt werden (Tab. 5.).

Beim Betrachten der N-Bilanz (Tab. 6.) ist ersichtlich, dass die N-Aufnahme im Falle der wasserlöslichen Mineraldünger im allgemeinen besser ist, und nur bei der höheren Düngungsstufe (B) weisen IBDU und Varioform II eine äusserst hohe N-Aufnahme auf, die auf die grosse Aktivität ( $A_i = 97$ ) von IBDU und auf den geringen Kondensationsgrad von Varioform II zurückzuführen ist.

Der Ausnutzungsgrad des Stickstoffes ist im allgemeinen gering, die Pflanzen bevorzugen aber den Stickstoff der wasserlöslichen Düngemittel, da der Stickstoff der Kondensationsverbindungen in das Gitter der Makromoleküle eingebaut und so den Pflanzen schwerer zugänglich.

Die auf 1 kg Nährstoff zufallenden Mehrerträge (Tab. 7.) beweisen, dass die Düngewirkung der langsam wirkenden N-Dünger auf der höheren Wirkstoffstufe (B) günstig ist. Diese Tatsache spricht dafür, dass sich der Stickstoff der langsam wirkenden Mineraldünger im Lauf der Jahre teils akkumuliert, teils aber gleichmässig freigelegt wird und diese Vorgänge kommen dann im Mehrertrag zum Ausdruck. Die spezifische Phosphorwirkung wird durch die langsam wirkenden Stickstoffdünger positiv, die spezifische Kaliumwirkung aber nur in ihrer Tendenz beeinflusst.

Die Wirkung der langsam wirkenden Stickstoffdünger kann also im Laufe einer 4-jährigen kumulativen Düngung günstig beurteilt werden. Besonders mit IBDU und Varioform II konnten bessere Ergebnisse erzielt werden, als mit den wasserlöslichen N-Düngemitteln.

*Tab. 1.* Kennwerte der Böden des Versuchsfeldes. (1) Humus%. (2) Gesamt-N.

*Tab. 2.* Versuchsvarianten. (1) Zahl der Varianten. (2) Düngergaben dt/ha. (3) Stickstoffformen: *a*) Kalkammonsalpeter; *b*) Harnstoff; *c*) Nitroform (USA); *d*) Floranid (BRD); *e*) IBDU (Japan); *f*) Varioform I (Ungarn); *g*) Varioform II (Ungarn); *h*) Monit; *i*) Monipol (Ungarn).

Tab. 3. Ertragsresultate der Versuchspflanzen, dt/ha. (1) Versuchspflanzen und Variantenzahl: *a*) Trockensubstanzertrag von Sudangras, 1967—68; *B*) Kornertrag von Roggen, 1968—69; *C*) Kornertrag von Winterweizen, 1970—71; *D*) Trockensubstanzertrag von Sudangras, 1971—72. (2) N-Stufen. (3) Mittelwert.

Tab. 4. NPK-Gehalt der Versuchspflanzen. Bezeichnungen (1) und *A*)—*C*) s. unter Tab. 3. *D*) Winterweizen 1970—71; *E*) Sudangras, 1971—72.

Tab. 5. Die durch die Erträge aufgenommenen Mengen an Stickstoff, Phosphor und Kalium in den Jahren 1967—72. (1) N-Stufe und Variantenzahl. (2) Aufgenommener Nährstoff, kg/ha.

Tab. 6. N-Bilanz und Ausnutzungsgrad des Dünger-Stickstoffes. (1) Variantenzahl. (2) N-Wirkstoffgabe, kg/ha. (3) Aufgenommener Stickstoff, kg/ha. (4) Abweichung von der Kontrolle. (5) Bilanz. (6) Stickstoffausnutzungs %.

Tab. 7. Kennzahlen der Düngewirkungen. (1) Variantenzahl und N-Stufe. (2) Ertrag in GE, dt/ha, insgesamt und Mehrertrag. (3) GE kg/ha pro 1 kg N—P—K-Wirkstoff.

## Изучение влияния медленнодействующих азотных минеральных удобрений на карбонатных песчаных почвах

Ф. ГАТИ и Б. ЛАСТИТЬ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

### Резюме

В пятилетних полевых опытах сравнили влияние воднорастворимых и медленнодействующих азотных минеральных удобрений. В опытах использовали два вида воднорастворимых азотных минеральных удобрений — Петскую соль и мочевины. Медленнодействующие азотные минеральные удобрения разделили на две группы: соединения типа уреаформа (Нитроформ, Флоранид и IBDV) и мочевино-конденсационные препараты с аминопластовой основой (Вариоформ I, II и Монипол). Минеральные удобрения типа уреаформа являются полнконденсационными соединениями мочевины и гидратированных альдегидов [21—28], а минеральные удобрения с аминопластовой основой — продуктами конденсации азотных минеральных удобрений или смешанных удобрений с раствором мочевины-смолы [29, 30].

Опыты начались в 1967 году и закончились в 1972 году изучением последствия. На карбонатных песчаных почвах, на двух уровнях внесения минеральных удобрений (*A* = 100 кг азота, 35 кг  $P_2O_5$  и 40  $K_2O$ ; *B* = 200 кг азота, 70 кг  $P_2O_5$  и 80 кг  $K_2O$  на гектар) изучали их влияние на усвоение питательных веществ, биологическую ценность и урожай зерна ржи, озимой пшеницы и суданской травы. Методы исследований позволили составить баланс азота и определить усвоение азота растениями.

При оценке результатов опытов для суданской травы учитывали урожай сухой массы, для колосовых-урожаев зерна и соломы. С целью согласования урожайных данных различных растений, урожай выразили в зерновых единицах (З. Е.). На более низком уровне внесения минеральных удобрений (*A*) урожай изменялся в пределах величин, полученных на вариантах с Петской солью и мочевиной; на более высоких уровнях внесения (*B*) влияние медленнодействующих минеральных удобрений, в основном, было выше, чем воднорастворимых удобрений. Особенно высокие урожаи получили при внесении IBDU и Вариоформа II (Таблица 3 и 7). Рассматривая качественный состав растений (содержание NPK) определили, что конденсационные минеральные удобрения повысили качественные показатели (таблица 4). В отношении количества усвоенных питательных элементов эта тенденция выражена еще заметнее и является положительной не только для фосфора, но и для калия (Таблица 5).

Изучая баланс азота (таблица 6) установили, что в случае воднорастворимых минеральных удобрений усвоение азота, вообще, лучше и только для IBDU и Вариоформа II наблюдали довольно высокое усвоение азота при внесении минеральных удобрений на более высоком уровне (*B*). Это благоприятное влияние можно объяснить высокой активностью IBDU ( $A_1 = 97$ ) и низкой степенью конденсации Вариоформа II.

Эффективность азота обычно низкая. Воднорастворимые формы азота более эффективны, в то время как у конденсированных удобрений азот, встроенный в макромолекулу, усваивается труднее.

Прибавки урожаев, приходящиеся на 1 кг питательных веществ (Таблица 7) подтвердили, что на высоком уровне внесения удобрений (В) эффективность медленнодействующих азотных минеральных удобрений значительно выше. Это означает, что азот медленнодействующих азотных минеральных удобрений со временем перенакапливается равномерно освобождается и реализуется в прибавке урожая. Медленнодействующие минеральные удобрения оказывают положительное влияние на фосфор, влияние их на калий не столь выражено.

Таким образом, обобщая, можно сделать следующие выводы, что медленнодействующие азотные минеральные удобрения, при их четырехлетнем кумулятивном внесении, по влиянию и эффективности более благоприятны (особенно IBDU и Вариоформ II) по сравнению с воднорастворимыми азотными минеральными удобрениями.

*Табл. 1.* Характерные показатели для почв опытного участка. (1) Гумус в %. (2) Общий-N.

*Табл. 2.* Варианты опыта. (1) Число вариантов. (2) Доза внесения минеральных удобрений ц/га. (3) Формы азота: а) Петская соль; б) Мочевина; с) Нитроформ (США); d) Флоранид (ФРГ); e) IBDU (Япония); f) Вариоформ I. (Венгрия); g) Вариоформ II.(Венгрия); h) Монит; i) Монипол (Венгрия).

*Табл. 3.* Урожай подопытных растений в ц/га (1) Растение и номер варианта: А) Суданская трава, урожай сухой массы в 1967—1968 гг. В) Урожай зерна ржи в 1968—69 г. С) Урожай зерна озимой пшеницы в 1970—71 г. D) Урожай сухой массы суданской травы в 1971—72 г. (2) Уровень азота. (3) Среднее.

*Табл. 4.* Биологическая ценность подопытных растений. (1) и А)—С) смотри в таблице 3. D) Озимая пшеница 1970—71. E) Суданская трава 1971—72.

*Табл. 5.* Количество азота, фосфора и калия усвоенных растениями 1967—72. (1) Уровень внесения азота и варианты. (2) Количество усвоенных питательных элементов в кг/га.

*Табл. 6.* Баланс азота и усвоение азота. (1) Номер варианта. (2) Действующее начало данного азотного минерального удобрения кг/га. (3) Усвоенный азот в кг/га. (4) Расхождение с контролем. (5) Баланс. (6) Усвоение азота в %.

*Табл. 7.* Эффективность минеральных удобрений. (1) Вариант, номер по порядку и уровень азота. (2) Урожай ЗЕ (ц/га, общий и прибавка урожая. (3) Количество зерновых единиц в кг/га, приходящихся на один кг N, P, K.