

## Die Wirkung des Stickstoffs in langsamwirkenden synthetisch-organischen Stickstoffdüngemitteln oder Mischdüngern mit einer langsamwirkenden Stickstoffkomponente

Von S. de Haan und C. H. E. Werkhoven<sup>1)</sup>

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.), Niederlande

(Eingegangen: 3. 2. 1975)

### Einleitung

Unter langsamwirkenden synthetisch-organischen Stickstoffdüngemitteln werden hier verstanden Kondensationsprodukte aus Harnstoff und Formaldehyd, Crotonaldehyd oder Isobutyraldehyd. Die Harnstoff-Aldehyd-Kondensate werden meistens gemischt mit konventionellen Düngemitteln auf den Markt gebracht. In den letzten Jahren wurde für eine größere Anzahl dieser Düngemittel ein Gesuch um Zulassung zum niederländischen Markt eingereicht. Das Institut für Bodenfruchtbarkeit hat dabei eine beratende Aufgabe und untersuchte alle Düngemittel in einem Inkubationsversuch auf ihre Stickstoffwirkung. Dabei wurde eine ergänzende Untersuchung durchgeführt über den Einfluß des Wassergehaltes und der Art (pH) des Bodens auf die Freisetzung des Stickstoffs.

### Durchführung der Untersuchungen

Die untersuchten Düngemittel sind mit ihren Gehalten an Total-N und Nitrat-, Ammoniak-, Harnstoff- und kalt- und heißwasserlöslichem N in vH von Total-N aufgeführt in Tabelle 1. Die Düngemittel sind darin aufgeführt nach der Form, in der sie den langsamwirkenden Stickstoff enthalten (HF = Harnstoff-Formaldehyd, CDH = Crotonyliden-Di-Harnstoff und IBH = Iso-Butyliden-di-Harnstoff) und dem vom Hersteller angegebenen Gehalt an Total-N bzw. NPK. Zwischen Klammern ist der Handelsname erwähnt oder der Name der Hersteller- oder Vertriebsfirma. Die Analyse der Düngemittel wurde von der Reichslandwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Maastricht durchgeführt, die amtlich für die Kontrolle der Düngemittel verantwortlich ist.

Die Gehalte an Total-N,  $\text{NO}_3$ - und  $\text{NH}_4$ -N wurden bestimmt nach den Benelux-Vorschriften N-11 bzw. N-10 und N-09 (Anonymus, 1971). Der Gehalt an Harnstoff-N wurde

<sup>1)</sup> Ir. S. de Haan und Dr. C. H. E. Werkhoven, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.), Oosterweg 92, Niederlande

bestimmt nach der Urease-Methode aus dem BASF-Methodenbuch (Niedermayer, 1975). Der Gehalt an KWL-N (kaltwasserlöslich) wurde bestimmt nach halbstündiger Rotation von 4 g Düngemittel in 400 ml Wasser von 20 °C bei 40 Umdrehungen/Minute und der Gehalt an HWL-N (heißwasserlöslich) nach einstündigem Kochen von 2,5 g Düngemittel in 250 ml Wasser im Rückflußkühler und anschließendem Zusatz von 65 ml 20 %-iger Trichloressigsäure zur Entfernung eventuell entstandener Aminosäuren. In beiden Fällen wurde im Extrakt Total-N bestimmt nach der Beneluxmethode N-11.

Die Düngemittel aus Tabelle 1 sind im Verhältnis von 500 mg N/kg Trockenboden vermischt worden mit einem normalen diluvialen Sandboden mit einem pH-KCl-Wert von 5,44 und 8 % abschlämmbaren Teilen (< 16 µm). Der Wassergehalt des Bodens betrug 15 % oder 55 % der Wasserkapazität. Pro Düngemittel wurden 24 Glasgefäße mit je 300 g Boden gefüllt und in einen wasserdampfgesättigten Raum bei 30 °C gestellt. Von je drei dieser

Tabelle 1: Liste der untersuchten Düngemittel mit ihren Gehalten an Gesamt-N (%) und N-Fractionen (% von Total-N)

List of investigated fertilizers with their contents of total N (%) and N-Fractions (% of total N)

Nr.	Düngemittel <sup>1)</sup> (fertilizer)	Total N	N-Fractionen (N-fractions)				
			NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	CO- (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	KWL <sup>2)</sup>	HWL <sup>3)</sup>
1	HF 38 (nitroform-chips)	37,0	—	0,4	7,0	28,6	56,8
2	HF 38 (nitroform-powder)	37,6	—	0,3	6,4	28,2	53,2
3	HF 38 (Peraform)	37,0	—	—	8,1	37,8	64,9
4	HF 23 (Baker & Bro.)	23,0	—	—	5,6	23,9	65,2
5	HF 19 (Baker & Bro.)	20,0	—	—	—	8,8	73,8
6	HF 20-5-8 (Hercules Inc.)	21,5	11,2	11,2	6,0	40,9	74,4
7	HF 20-5-10 (Asef-Fison)	20,2	2,0	3,2	6,4	47,0	71,8
8	HF 26-8-6 (Gardena Green)	28,2	0,2	—	55,3	72,0	79,4
9	HF 29-8-6 (Gardena Perfect)	28,0	0,2	—	54,5	70,6	78,8
10	HF 20-5-4 (Wolf Geräte)	21,7	—	7,8	14,3	60,4	83,9
11	HF 16-9-12 (Wolf Geräte)	15,6	—	16,0	16,7	74,4	92,3
12	HF 20-8-12 (Orgazon)	20,0	18,5	22,5	5,0	54,5	82,0
13	HF 26-8-8 (Toflor)	26,7	0,2	1,1	24,7	48,7	72,7
14	HF 26-8-8 (Toflor Plus)	27,4	0,2	0,9	22,3	44,9	71,2
15	CDH 28 (Floranid)	27,7	9,0	0,7	7,2	40,1	99,6
16	CDH 20-5-10 (Floranid-NPK)	20,5	12,2	11,7	7,8	54,6	99,5
17	IBH 28 (BASF)	29,0	6,7	1,0	9,0	36,9	100,7
18	IBH 20-5-8 (BASF)	20,5	20,9	21,9	7,8	72,5	98,8
19	IBH 20-5-10 (BASF)	19,3	18,6	14,0	6,7	70,0	99,5
20	IBH 15-9-6 (BASF)	15,4	27,0	28,6	6,5	92,2	99,0

- 1) HF = ureaform  
 CDH = crotonylidene-di-urea  
 IBH = isobutylidene-di-urea  
 2) KWL = kaltwasserlöslich (cold-water soluble)  
 3) HWL = heißwasserlöslich (hot-water soluble)

Gefäße wurde nach 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 und 16 Wochen der Gehalt an freigesetztem N ( $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$ ) bestimmt nach *Cotte u. Kahane* (1946). Dasselbe geschah auch beim Ansetzen des Versuches (Zeitpunkt 0) am 25. 5. 70. Mit einigen Produkten begann die Untersuchung an einem späteren Zeitpunkt, weil das Zulassungsgesuch für diese Produkte erst später eingereicht wurde. Zu jedem Termin wurde ein ungedüngter Boden mit angesetzt und die hierin gefundenen Gehalte an Mineralstickstoff von den Gehalten im gedüngten Boden abgezogen.

Im Jahre 1971 wurde der Einfluß des Wassergehaltes und der Art des Bodens auf die Freisetzung des Stickstoffs untersucht. Dieser Versuch wurde durchgeführt mit den Produkten HF 38, CDH 28, IBH 28 (die Nummern 1, 15 und 17 aus Tabelle 1) und außerdem noch reinem Harnstoff, die in der gleichen Menge wie im vorigen Versuch einem diluvialen Sandboden mit pH-KCl 4,76 und 8 % abschlämmbaren Teilen und einem alluvialen Boden mit pH-KCl 7,74 und 6 % abschlämmbaren Teilen zugefügt wurden, und zwar bei drei verschiedenen Feuchtezuständen der Böden, nämlich 40, 55 und 70 % der Wasserkapazität. Der freigesetzte Stickstoff wurde auch hier wiederum bestimmt am Zeitpunkt 0 und nach 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 und 16 Wochen. Für den letzten Zeitpunkt wurde auch der Gehalt der Böden an Total-N (nach *Deijs*, 1961) bestimmt, um nachzugehen, ob während der Inkubation Stickstoff verlorengegangen war.

### Ergebnisse

#### *Der freigesetzte Stickstoff aus den 20 untersuchten Düngemitteln*

Tabelle 2 gibt für die Zeitpunkte 0, 1, 2, 4, 8 und 16 Wochen die Prozentsätze an freigesetztem  $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$ -N. Weil die Düngemittel von sich aus schon recht unterschiedliche Mengen an diesen N-Formen enthielten, variieren die Werte in Tabelle 2 sehr stark.

Zur Beantwortung der Frage, welche N-Fractionen für die Freisetzung des Stickstoffs verantwortlich sind, gibt Tabelle 3 die Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen den Mengen an mineralischem ( $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$ ), schnellwirkendem ( $\text{NO}_3 + \text{NH}_4 + \text{Harnstoff}$ ), kalt- und heißwasserlöslichem N in den Düngemitteln und den Mengen an freigesetztem N nach einer Inkubationsdauer von 0, 1, 2, 4, 8 und 16 Wochen.

Wie zu erwarten war ist der Zusammenhang zwischen dem mineralischen N in den Düngemitteln und dem freigesetzten N zum Zeitpunkt 0 sehr eng. Mit fortschreitender Inkubationsdauer wird dieser Zusammenhang immer schwächer. Nach einer Inkubationsdauer von einer Woche ist der Zusammenhang zwischen dem schnellwirkenden Stickstoff in den Düngemitteln und dem freigesetzten Stickstoff sehr eng. Anscheinend ist der Harnstoff-N nach einer Woche praktisch schon vollständig mineralisiert. Im Laufe der Zeit wird auch dieser Zusammenhang wieder schwächer.

Der Zusammenhang zwischen dem kaltwasserlöslichen und dem freigesetzten Stickstoff erreicht nach drei Wochen seinen höchsten Wert. Er bleibt dann eine

**Tabelle 2:** Im Boden nach Inkubation freigesetzter Stickstoff in Prozenten des mit dem Düngemittel verabreichten Stickstoffs

Nitrogen released in soil after incubation as a percentage of the total nitrogen supplied with the fertilizer

Düngemittel (fertilizer) No.	Inkubationsdauer, Wochen (incubation time, weeks)					
	0	1	2	4	8	16
1	2,1	9,7	21,0	22,2	28,6	35,3
2	2,0	8,7	20,2	23,9	30,9	35,6
3	1,9	8,9	20,0	24,0	34,9	41,1
4	2,2	10,4	18,6	22,5	28,0	30,7
5	0,1	4,9	9,2	13,2	18,3	28,0
6	26,0	33,2	38,7	40,3	43,0	44,8
7	7,7	20,2	28,2	33,5	39,0	43,9
8	8,6	65,4	71,5	76,4	72,5	75,0
9	7,5	63,7	66,8	66,7	67,3	69,8
10	12,3	31,1	48,8	50,5	60,1	65,6
11	24,7	44,4	64,0	66,6	73,6	78,8
12	41,4	46,3	53,1	51,2	53,1	53,5
13	5,4	27,8	41,4	45,2	53,8	68,8
14	5,0	26,4	38,8	41,4	49,4	56,8
15	10,3	22,1	23,1	25,6	28,5	33,5
16	28,9	36,0	35,1	37,2	34,4	36,7
17	11,7	24,3	25,7	27,8	34,4	42,3
18	45,7	53,2	56,6	57,4	62,0	63,5
19	39,0	47,3	48,1	52,4	56,0	63,7
20	56,5	65,4	69,9	70,9	77,1	78,8

**Tabelle 3:** Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen N-Fractionen im verabreichten Düngemittel und dem nach Inkubation im Boden freigesetzten Stickstoff

Correlation coefficients for the relationship between nitrogen fractions in fertilizers and nitrogen released in soil after incubation

N-Fraktion (N fraction)	Inkubationsdauer, Wochen (incubation time, weeks)					
	0	1	2	4	8	16
NO <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub>	0,99	0,52	0,41	0,37	0,36	0,26
NO <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> + CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	0,70	0,98	0,93	0,91	0,85	0,77
KWL <sup>1)</sup>	0,70	0,92	0,94	0,94	0,93	0,89
HWL <sup>2)</sup>	0,68	0,58	0,45	0,44	0,40	0,37

1) KWL = kaltwasserlöslich (cold water soluble)

2) HWL = heißwasserlöslich (hot water soluble)

Zeit lang ziemlich konstant und schwächt erst am Ende der Inkubationsperiode etwas ab. Der Zusammenhang zwischen dem freigesetzten und dem heißwasserlöslichen Stickstoff ist viel schlechter. Das hängt zusammen mit der Tatsache, daß der CDH- und IBH-N praktisch völlig heißwasserlöslich ist und der HF-N nur teilweise.

Aus Tabelle 3 geht hervor, daß der kaltwasserlösliche Stickstoff in den Düngemitteln den besten Zusammenhang gibt mit dem freigesetzten Stickstoff. Tabelle 4 gibt für den Zusammenhang zwischen diesen beiden Größen für die verschiedenen Inkubationsperioden die Parameter der Regressionsgleichungen. Es handelte sich hier ausschließlich um Regressionen ersten Grades. Aus Tabelle 4 kann man ableiten, daß nicht von allen Düngemitteln der kaltwasserlösliche Stickstoff vollständig mineralisiert (der Regressionskoeffizient bleibt kleiner als 1) und daß von anderen Produkten auch ein Teil des kaltwasserunlöslichen Stickstoffs mineralisiert wird (die Konstante wird größer als 0, allerdings erst nach einer Inkubationszeit von 4 Wochen).

Von Belang in diesem Zusammenhang ist die Frage, welcher Teil des langsamwirkenden Stickstoffs freigesetzt wird. Tabelle 5 gibt die Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen dem verabreichten langsamwirkenden Stickstoff (= insgesamt verabreichter N minus schnellwirkender N) bzw. dem kaltwasserlöslichen langsamwirkenden Stickstoff und dem freigesetzten langsamwirkenden Stickstoff (= insgesamt freigesetzter N minus verabreichter schnellwirkender N). Wie aus der Tabelle hervorgeht, ist der Zusammenhang zwischen dem verabreichten und dem freigesetzten langsamwirkenden Stickstoff schlecht und der Zusammenhang zwischen dem verabreichten kaltwasserlöslichen langsamwirkenden Stickstoff und dem freigesetzten langsamwirkenden Stickstoff bedeutend besser.

Im Vorangegangenen wurden die untersuchten Düngemittel als eine Gesamtheit im statistischen Sinne behandelt. Inwieweit das der Fall ist, geht aus Tabelle 6

**Tabelle 4:** Parameter der Regressionsgleichungen für den Zusammenhang zwischen kaltwasserlöslichem Stickstoff im Düngemittel (x) und im Boden nach Inkubation von freigesetztem Stickstoff (y)

Parameters of the regression equations for the relationship between cold water soluble fertilizer nitrogen (x) and nitrogen released in soil after incubation (y)

	Inkubationsdauer, Wochen (incubation time, weeks)					
	0	1	2	4	8	16
Regr. koeffizient (regression coeff.)	0,58	0,87	0,86	0,84	0,79	0,73
Standardabw. (standard deviation)	0,14	0,09	0,08	0,07	0,07	0,09
Konstante (constant)	-12,28	-11,59	-3,64	0,16	7,31	15,61

**Tabelle 5:** Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen langsamwirkendem Stickstoff im Düngemittel und freigesetztem langsamwirkenden N im Boden nach Inkubation

Correlation coefficients for the relation between slow acting fertilizer nitrogen and slow acting nitrogen released in soil after incubation

N-Fraktion (N fraction)	Inkubationsdauer, Wochen (incubation time, weeks)					
	0	1	2	4	8	16
LW <sup>1)</sup>	-0,48	-0,18	0,13	0,23	0,38	0,45
LW und KWL <sup>2)</sup>	0,17	0,41	0,60	0,62	0,65	0,58

1) LW = langsamwirkend (slow release)

2) KWL = kaltwasserlöslich (cold-water soluble)

hervor. In dieser Tabelle ist der freigesetzte Stickstoff ausgedrückt in % des verabreichten kaltwasserlöslichen Stickstoffs (Spalte 1), bzw. der freigesetzte langsamwirkende Stickstoff in % der verabreichten Menge an langsamwirkendem Stickstoff (Spalte 2) bzw. an kaltwasserlöslichem langsamwirkenden Stickstoff (Spalte 3). Außerdem ist auch noch als Maß für das Tempo der Freisetzung der in 4 Wochen freigesetzte langsamwirkende Stickstoff ausgedrückt in % des in 16 Wochen freigesetzten (Spalte 4); weiterhin ist noch der Aktivitätsindex aufgeführt (Spalte 5). Dieser ist bekanntlich ein Maß für die Wirksamkeit des kaltwasserlöslichen Stickstoffs, das für die amerikanischen Ureaformprodukte entwickelt wurde (*Morgan u. Kralovec, 1953*).

Aus Tabelle 6 geht hervor, daß die Werte für die einzelnen Düngemittel ziemlich stark voneinander abweichen, ohne daß bestimmte Düngemittel oder -gruppen deutlich eine Ausnahmestellung einnehmen. Nur das Produkt Nr. 5 bildet in den Spalten 1 und 3 eine Ausnahme, bedingt durch einen extrem niedrigen KWL-N-Gehalt (Tabelle 1). In Spalte 4 bilden die Produkte Nr. 8 und 16 Ausnahmen. Hier hat die Menge an freigesetztem N anscheinend nach der 4. Woche abgenommen, was auf N-Verlust hinweisen könnte. In der letzten Spalte unterscheiden die CDH- und IBH-Produkte sich deutlich von dem Rest, aber das ist eine bekannte Tatsache.

#### *Der Einfluß von Wassergehalt, Art und pH des Bodens auf die Freisetzung des Stickstoffs*

Das Ergebnis dieser 1971 durchgeführten Untersuchung ist wiedergegeben in Abb. 1. In dieser Abbildung geben die Linien (voll für den Diluvial- und gestrichelt für den Alluvialboden) die Situation wieder für den mittleren Wassergehalt (55 % der Wasserkapazität). Beim niedrigsten Wassergehalt (40 %) ist bei allen Produkten weniger N freigesetzt. Der Unterschied ist am größten bei IBH. Beim höchsten Wassergehalt ist wiederum bei diesem Produkt mehr N freigesetzt. Für den Diluvialboden war das auch der Fall bei CDH. In den anderen Fällen war der Effekt weniger deutlich.

Tabelle 6: Charakteristika des freigesetzten Stickstoffs und Aktivitätsindex (AI) der Düngemittel

Characteristics of released nitrogen and activity index (AI) of fertilizers

Düngemittel (fertilizer) No.	1 <sup>1)</sup>	2 <sup>1)</sup>	3 <sup>1)</sup>	4 <sup>1)</sup>	AI <sup>1)</sup>
1	123	30,1	132	53,0	39
2	126	31,0	134	59,5	35
3	108	35,9	111	48,2	43
4	129	26,6	137	67,3	54
5	328	28,0	318	47,1	71
6	110	22,9	131	72,6	57
7	93	36,5	91	67,8	47
8	104	43,8	118	107,2	27
9	99	33,3	95	79,5	28
10	109	55,8	114	65,3	59
11	106	68,5	110	73,5	70
12	98	13,9	88	69,3	60
13	141	57,8	188	44,8	47
14	126	43,6	155	53,9	48
15	91	20,0	72	52,4	99
16	67	7,3	22	110,0	99
17	106	30,7	127	43,3	101
18	88	26,1	59	52,7	96
19	91	40,2	79	53,7	98
20	85	44,1	55	52,7	87
Mittelwert, gewogen (mean value, weighted)	104	34,8	108	60,6	

1<sup>1)</sup> 1 = in 16 Wochen freigesetzter N in % des mit den Düngemitteln verabreichten kaltwasserlöslichen N (released N after 16 weeks' incubation in % of cold water soluble N in fertilizers).

2 = in 16 Wochen freigesetzter langsamwirkender N in % des mit den Düngemitteln verabreichten langsamwirkenden N (released slow release N after 16 weeks' incubation in % of slow release N in fertilizers).

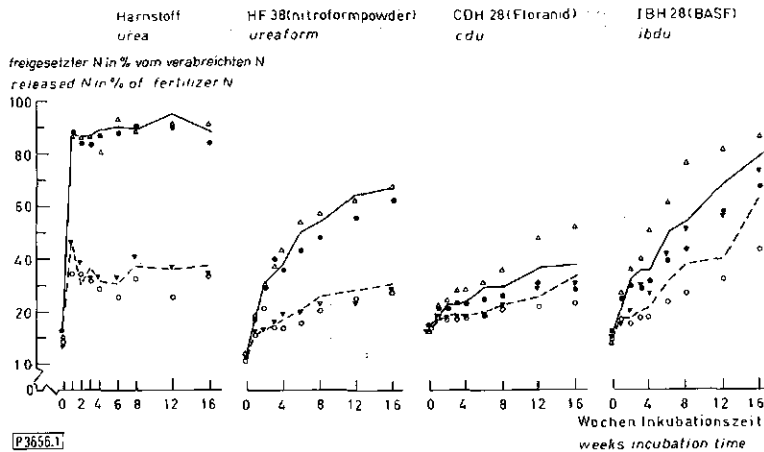
3 = idem in % des kaltwasserlöslichen langsamwirkenden N in den Düngemitteln (idem in % of cold water soluble slow release N in fertilizers).

4 = in 4 Wochen freigesetzter langsamwirkender N in % des in 16 Wochen freigesetzten (released slow release N in 4 weeks in % of 16 weeks).

AI = Aktivitätsindex =  $100 \times (\text{kaltwasserunlöslicher N minus heißwasserunlöslicher N}) / \text{kaltwasserunlöslicher N}$  (=activity index =  $100 \times (\text{cold water insoluble N} - \text{hot water insoluble N}) / \text{cold water insoluble N}$ ).

Der Unterschied zwischen den Bodenarten ist sehr deutlich. Bei Harnstoff und HF 38 ist in dem diluvialen Sandboden mit niedrigem pH die Menge an freigesetztem Stickstoff mehr als zweimal so groß wie in dem alluvialen Sandboden mit hohem pH. Bei CDH und IBH ist der Unterschied weniger groß, aber doch auch wohl deutlich vorhanden. Es ist zu bemerken, daß in diesem Versuch in dem

diluvialen Sandboden aus den Produkten HF und IBH bei normalem Wassergehalt des Bodens viel mehr Stickstoff freigesetzt wurde als in dem vorigen Versuch. Als Ursache dafür kann nur der Unterschied im pH-Wert angeführt werden.



P 3656.1

**Abbildung 1:** Einfluß der Bodenart und des Feuchtegehaltes des Bodens auf die nach verschiedenen Inkubationszeiten freigesetzte Stickstoffmenge. Diluvialer Sandboden: pH 4,76; Feuchtegehalt 40 (●), 55 (—) und 70 (Δ) % der Wasserkapazität. Alluvialer Sandboden: pH 7,74; Feuchtegehalt 40 (○), 55 (— —) und 70 (▲) % der Wasserkapazität.

Influence of soil type and soil moisture content on the quantity of nitrogen released after different incubation periods.

Diluvial sandy soil: pH 4.76; moisture content 40 (●), 55 (—) and 70 (Δ) of water capacity. Alluvial sandy soil: pH 7.74; moisture content 40 (○), 55 (— —) and 70 (▲) % of water capacity.

#### N-Verlust während der Inkubation

Aus den Gehalten an Total-N in den Böden nach der Inkubation lassen sich für die verschiedenen Düngemittel N-Verluste ableiten, die in Tabelle 7 ausgedrückt sind in % der verabreichten N-Menge.

**Tabelle 7:** N-Verlust während der Inkubation in % des verabreichten N

Nitrogen loss during incubation in % of fertilizer nitrogen

	Harnstoff (urea)	HF (ureaform)	CDH (cdu)	IBH (ibdu)
diluvialer Sandboden (diluvial soil)	12	4	10	10
alluvialer Sandboden (alluvial soil)	62	0	20	12



Aus der Tabelle geht hervor, daß vom Harnstoff-N aus dem alluvialen Sandboden ca. 60 % verlorengegangen sind. Bei den anderen Düngemitteln waren die Verluste gering (CDH, IBH) oder fehlten weitgehend (HF).

### Diskussion

Aus den 20 untersuchten Düngemitteln wurden in einer Inkubationszeit von 16 Wochen im gewogenen Durchschnitt etwa 35 % des langsamwirkenden Stickstoffs freigesetzt, davon etwa 60 % in den ersten 4 Wochen (Tabelle 6). Die freigesetzte N-Menge war im Durchschnitt ca. 4 % größer als die verabreichte kaltwasserlösliche N-Menge. Weil im Durchschnitt ungefähr die Hälfte des Stickstoffs in den Düngemitteln in kaltwasserlöslicher Form vorlag, bedeutet dies, daß vom kaltwasserunlöslichen Stickstoff im Durchschnitt auch nur ca. 4 % freigesetzt wurden. Das ist viel weniger, als vom Aktivitätsindex angegeben wird, auch für die HF-Produkte, für die dieser Index speziell entwickelt wurde.

Zwischen den einzelnen Düngemitteln bestanden ziemlich große Unterschiede, was nicht überrascht, wenn man bedenkt, daß es sich um Kondensationsprodukte aus Harnstoff mit verschiedenen Aldehyden handelt, und daß die Harnstoff-Formaldehyde aus verschiedenen Fabriken stammten ohne Gewähr für Gleichheit der Produktionsbedingungen, was eine Vorbedingung ist für Gleichheit der N-Wirkung (Ansorge, 1962; Jonova, 1971; Hauck u. Koshina, 1971). Weiter war die Korngröße der Düngemittel verschieden, und sie waren in verschiedenen Verhältnissen mit konventionellen Düngemitteln vermischt, was sowohl einen positiven als einen negativen Einfluß auf die N-Wirkung haben kann (Hamamoto, 1966).

Wohl von noch größerer Bedeutung als die Art des Düngemittels ist die Bodenart. Es ist bekannt, daß eine saure Bodenreaktion für die Wirkung dieser Düngemittel günstig ist (Kuntze, 1959; Knop, 1970; Verstraeten, 1973). Das wurde auch in unseren Versuchen bestätigt. Die Düngemittel reagieren aber nicht alle gleich. Besonders stark war die Reaktion bei Nitroform. Auch auf Unterschiede im Wassergehalt des Bodens reagierten die Düngemittel verschieden. Ein Wassergehalt von 55 % der Wasserkapazität, wie in unserem ersten Versuch, war besonders für Floranid nicht optimal. N-Verlust kann unter Umständen eine nicht richtige Einschätzung der N-Wirkung dieser Düngemittel zur Folge haben.

In Versuchen mit Pflanzen wird manchmal eine bessere Ausbeute des langsamwirkenden Stickstoffs festgestellt als in Inkubationsversuchen. In einem Gefäßversuch mit Deutschem Weidelgras war die N-Aufnahme aus Nitroform 30 %, Floranid (CDH) 43 %, Floranid (IBH) 70 % im Vergleich zu Ammoniumnitrat 83 % (De Haan, 1970). Auch hieraus geht hervor, daß die N-Wirkung dieser verschiedenen Düngemittel schwer auf einen Nenner zu bringen ist. Jedes Düngemittel, jedenfalls jede Düngemittelgruppe, muß einzeln auf seine bzw. ihre Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten geprüft werden, wie das von den betreffenden Produzenten im allgemeinen auch gemacht wird (Jürgens-Gschwind, 1974).

Die genannten Faktoren machen diese Düngemittel mehr oder weniger zu Spezialdüngern (Rasenflächen, Topferden usw.). Für die große landwirtschaftliche Praxis sind sie auch zu teuer. Dort wird immer noch auf ein Düngemittel bzw. Düngemittelassortiment gewartet, das insbesondere den Stickstoff in einem dem Wachstumsrhythmus der Kulturpflanzen angepaßten Tempo zur Verfügung stellt. Auch aus umwelthygienischen Gesichtspunkten wäre ein solcher N-Dünger begrüßenswert, bei dem außerdem der unwirksame Rest des Düngemittels so klein wie möglich ist, was bei den hier untersuchten Düngemitteln nicht der Fall war.

### *Zusammenfassung*

Aus 20 langsamwirkenden N-Düngemitteln bzw. Mischdüngern mit einer langsamwirkenden N-Komponente auf Harnstoff-Aldehydbasis, die in einer Menge von 500 mg N/kg Trockensubstanz einem diluvialen Sandboden mit pH-KCl 5,44 und einem Wassergehalt von 55 % der Wasserkapazität zugefügt worden sind, wurden in einer Inkubationsperiode von 16 Wochen in einer wasserdampfgesättigten Atmosphäre bei 30 °C im Durchschnitt 35 % des langsamwirkenden Stickstoffs freigesetzt, davon 60 % in den ersten 4 Wochen.

Das beste Maß für die freigesetzte N-Menge war der kaltwasserlösliche N-Anteil in den Düngemitteln. Die freigesetzte N-Menge übertraf die verabreichte kaltwasserlösliche N-Menge im Durchschnitt nur um 4 %, und das war auch der Prozentsatz des freigesetzten kaltwasserunlöslichen Stickstoffs.

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Düngemitteln waren ziemlich groß. In einem ergänzenden Versuch wurde festgestellt, daß die verschiedenen Harnstoff-Aldehyd-Kombinationen nicht alle gleich auf Unterschiede in pH und Wassergehalt des Bodens reagieren und auch deshalb in bezug auf ihre N-Wirkung schwer auf einen Nenner zu bringen sind. Jeder für sich ist mehr oder weniger ein Spezialdünger und weniger geeignet als Ersatz für die konventionellen schnellwirkenden Düngemittel in der Landwirtschaft.

### *Literatur*

- Anonymus: Vorschriften für die Untersuchung von Düngemitteln in der Belgisch-Niederländisch-Luxemburgischen Zollunion Benelux, Brüssel, 120 S. (1971).
- Ansorge, H.: Untersuchungen über den Einfluß der Herstellungsbedingungen auf die Umsetzung von langsamwirkenden Stickstoffdüngemitteln. Z. Landwirtsch. Versuchs-Untersuchungswesen **8**, 297–306 (1962).
- Cotte, J. et Kahane, E.: Sur une nouvelle méthode de réduction pour le dosage des nitrates. Bull. Soc. Chim. France **9/10**, 542–544 (1946).

- Deijs, W.B.*: De bepaling van totaal-stikstof in gewasmonsters, inclusief nitraat-stikstof. Inst. Biol. Scheikd. Onderz. Landbouwgewassen, Wageningen, Jaarb. **1961**, 89–91.
- De Haan, S.*: Verslag van een onderzoek naar de stikstofwerking van de langzaamwerkende stikstofmeststoffen crotonylideendiureum en isobutylideen-diureum en van mengmeststoffen met stikstof in deze vorm in vergelijking met de langzaamwerkende stikstofmeststof ureumformaldehyde en met ammoniumnitraat (VP 986). Inst. Bodemvruchtbaarheid, Stencil C 7854, 18 pp. (1970).
- Hamamoto, M.*: Isobutylidene diurea as a slow acting nitrogen fertilizer and the studies in this field in Japan. Proc. Fert. Soc. **90**, 1–77 (1966).
- Hauck, R.D. and Koshino, M.*: Slow release and amended fertilizers. In: R. A. Olson (Ed.), Fertilizer technology and use, 2nd. ed. Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisc. (1971) 455–494.
- Jonova, V.*: Beiträge zur Kenntnis der Mineralisation von Harnstoff-Formaldehyd-Kondensaten. Diss. Gießen (1971).
- Jürgens-Gschwind, S.*: Langsamwirkende Stickstoffdünger – ihre Eigenschaften und Vorteile. BASF Mitt. Landbau **4/74**, 66 S. (1974).
- Knop, K.*: The influence of soil reaction (pH) and the granularity of urea-aldehyde fertilizers on the intensity of the mineralization of their nitrogen. Rostlinna Výroba **16** (XLIII), 61–66 (1970).
- Kuntze, H.*: Über die von der Bodenreaktion abhängige Stickstofflöslichkeit verschiedener Harnstoff-Acetaldehyd-Kondensate. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk. **86**, 120–123 (1959).
- Morgan, W.A. and Kralovec, R.D.*: Chemical method for available fertilizer nitrogen in urea-formaldehyde compositions. J. Ass. Off. Agric. Chem. **36**, 907–914 (1953).
- Niedermaier, T.*: (Die Bestimmung von Stickstoff-Fractionen in langsamwirkenden Stickstoffdüngemitteln.) BASF Mitt. Landbau (1975) im Druck.

**The effectiveness of nitrogen in slow-release synthetic-organic nitrogen fertilizer materials and mixed fertilizers containing a slow-release nitrogen component**

By *S. de Haan* and *C. H. E. Werkhoven*

In an incubation trial conducted for a period of 16 weeks at 30 °C and 100 % R.H. the release of nitrogen was studied from 20 slow-release nitrogen fertilizers and mixed fertilizers containing a slow-release nitrogen component on an urea-aldehyde basis. Amounts equivalent to 500 mg N per kg dry soil were added to a diluvial sandy soil having a pH-KCl of 5.44 and a moisture content of 55 % of the maximum retentive capacity. On the average, 35 % of the slow-release nitrogen was released, 60 % of which during the first 4 weeks. The best measure of the amount of N released was the amount of cold-water soluble N in the fertilizers. The amount of N released exceeded the amount of applied cold-water soluble N on the average by about 4 %, which was also the percentage of released cold-water insoluble nitrogen.

The differences among the individual fertilizers were rather large. In a supplementary trial it was found that the various urea-aldehyde combinations do not react alike to pH and moisture content of the soil, and that they for that reason can hardly be lumped together with respect to their nitrogen effect. Each of these materials is more or less a special-purpose fertilizer, and as such less suited as a substitute for the conventional fast-acting fertilizers in agriculture.

[3656]