

L263

913 libl

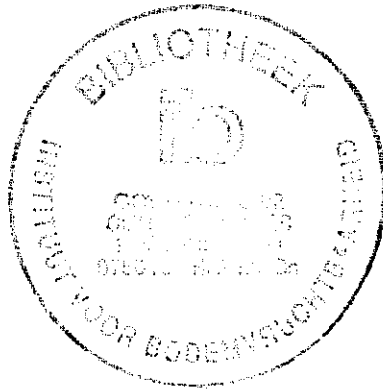
JEPARAA.
No. 33417

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

Langzaamwerkende meststoffen.

Soorten, principes van werking en methoden van kwaliteitsonderzoek.

vm = 268 328



Berend J. van Goor

(gestationeerd door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid in Haren)

INHOUDSOPGAVE	pagina
Inleiding	1
Type stoffen en werkwijze	2
Factoren die het vrijkomen beïnvloeden	7
- Verband met de tijd	7
- Temperatuur	7
- Water	8
- Wijze van toediening aan potgrond	9
Kwaliteitsbeoordeling	10
- Vrijkomen van de voedingsstof (in systeem + grond)	12
- Laboratoriummethoden	15
- Opzuigen van water door de korrels	15
- Extractie met water of zoutoplossing	15
- Benzeenextractie S-gecoate korrels	18
- Elutie	20
- Snelheidsconstante van de afbraak van chemische SRF's	21
- Chemische eigenschappen van de SRF's	22
- Chemische SRF's	22
- Onderzoek omhulling "membraan"SRF's	22
- Fysische eigenschappen van de SRF's	23
- Van de korrels (korrelgrootte, stevigheid, enzovoorts)	23
- Van de coatings (treksterkte, enzovoorts)	23
- Methoden van proeven met gewassen	24
Mengsels en formulering	25
Programmering van het vrijkomen	30
Conclusies	31
Samenvatting	32
Literatuur	33
Bijlage	35

ISBN = 268378

Inleiding

In diverse substraten is het van belang de levering van voedingsstoffen zoveel mogelijk aan te passen aan de opname van het gewas in de tijd.

In substraten als veenmengsels of grond, zoals bij de potplantenkweek, kan dit gestuurd worden door het gebruik van langzaamwerkende meststoffen (Slow Release Fertilizers = SRF's). Ideaal zou het zijn als de afgifte precies overeenstemt met de opname in de tijd. Zover is het echter nog niet. Zowel afgiftdynamiek als opnamedynamiek zouden dan onder de wisselende teeltomstandigheden bekend moeten zijn. De werking van SRF's kan op verschillende principes berusten. Zo zijn er waar de meststof chemisch ingebouwd is en langzaam vrijkomt door microbiologische en chemische processen. Bij andere is er sprake van een normale meststof die aanwezig is binnen membranen bijvoorbeeld van een kunststof die langzaam de voedingsstoffen doorlaten of waarbij ook door afbraak van het membraan de meststof kan vrijkomen. Ook kan de meststof samengekit zijn met een ander materiaal of aan een ionenwisselaar gehecht zijn.

Het is zo dat een geprogrammeerde toediening via een heel goed bepaald programma alleen denkbaar is bij een mengsel van chemische stoffen of een speciale opbouw van de membraansystemen. Zo kan daarbij gedacht worden aan membranen die veranderen in de loop van de tijd. Op dit gebied bestaan reeds enige patenten. De toepassing van deze geprogrammeerde meststoffen is echter gecompliceerd.

Het vrijkomen van nutriënten is sterk afhankelijk van temperatuur, vochtigheid en andere teeltfactoren. De wetmatigheden die hierbij gelden zijn afhankelijk van het principe van de langzaamwerkende meststof.

In dit verslag zal aandacht besteed worden aan de soort stoffen, de gebruikte principes en de beïnvloedende factoren. Doelstelling is om systematischer aan te kunnen geven hoe een stof of membraan opgebouwd moet zijn om een bepaald afgiftepatroon te geven dat is aangepast aan de behoefte van de plant. Ook worden methoden beschreven om de kwaliteit en eigenschappen van langzaamwerkende meststoffen te bepalen.

Type stoffen en werkwijze.

In tabel 1 is een aantal typen vermeld en in figuur 1 worden formules van de SRF's gegeven.

TABEL 1. Aard van de langzaamwerkende meststoffen. Indeling naar type stof.

Stoffen berustend op penetratie of kapotgaan membraan (fysisch)	Aard van het membraan natuurrubber polyethyleen dicyclopentadieën + lijnzaadolie was olie melamine-hars zwavel + lichte coating van was en conditioner
Stoffen met "chemisch ingebouwde" N vooral berustend op afbraak door micro-organismen	ureumformaldehyde/polymethyleenureum (methyleendiureum tot pentaureumtetramethyleen) crotonylideen-diureum triazineverbindingen zoals 2,4,6 triamino S-triazine en methyl, hydroxymethyl, ethyl en hydroxyethyl derivaten oxamide isobutylideendiureum lignosulfaat-acrylonitril
Stoffen waarbij de voedings- stof ingesmolten is in fritten of samengekit in bijvoorbeeld klei	

Het principe van de werking berust op dunne membranen om de meststofkorrels of op chemische inbouw van de meststof.

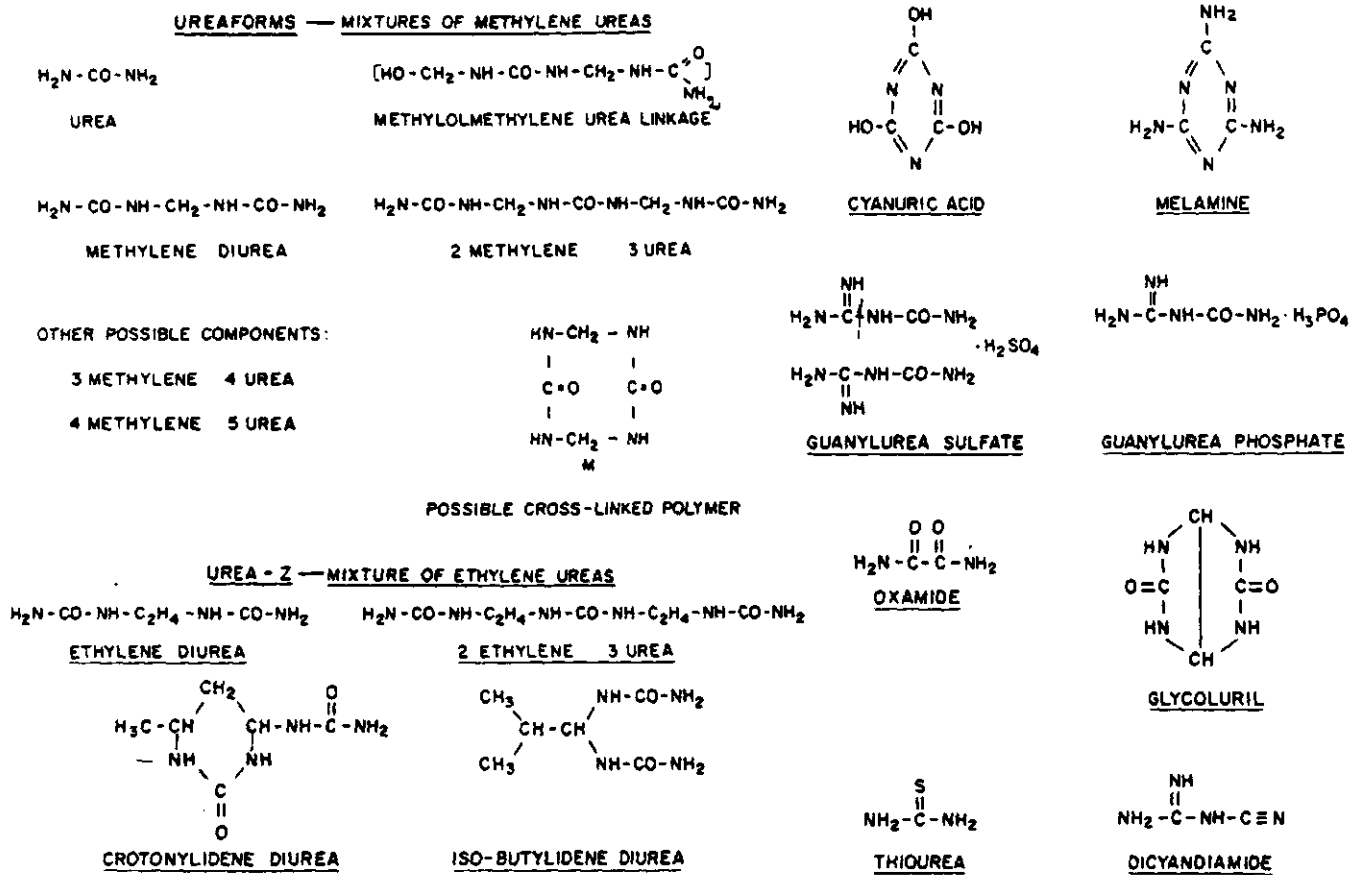
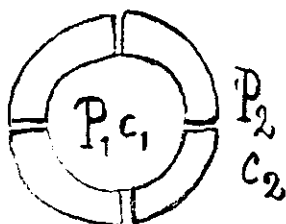


Fig. 1—Structural formulas of some slow-release N materials.

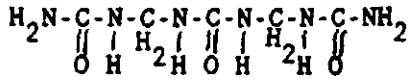
Figuur 1. Structuurformules van enkele langzaamwerkende N-meststoffen (Allen, 1984).

In het eerste geval treedt diffusie op door het membraan of lost het membraan op of barst het open. In het tweede geval degradeert de stof in de grond en komt de meststof vrij. Stoffen als ureumformaldehyde polymeren en melamine zullen door de grondmicroben langzaam worden afgebroken, waarbij de stikstof vrijkomt. Het is mogelijk dat de N-atomen door een asymmetrische plaats in het molecuul wat dat betreft onderling een verschillend gedrag vertonen zoals bijvoorbeeld in methylolmethyleenureum.

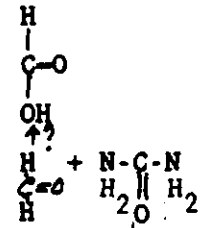
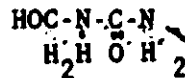
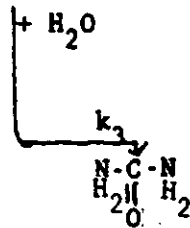
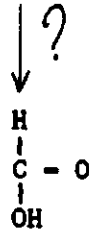
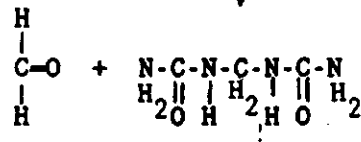
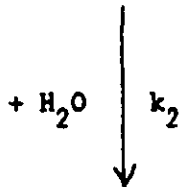
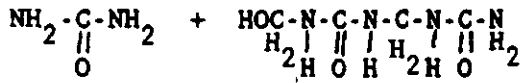
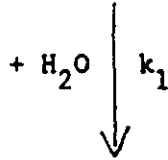


Het membraanprincipe is fysisch. Het drukverschil $P_1 - P_2$ wordt osmotisch opgebouwd en is afhankelijk van het concentratie-verschil (figuur 2). Door het opzwellen van het membraan komen hier uiteindelijk gaten in. De breuksterkte van de membranen is ook een belangrijke factor. Aangezien de meststof niet door het membraan kan Figuur 2. Meststof- diffunderen (semi-permeabele wand), komt de meststof pas korrel met semi- vrij als het membraan breekt. Ook membranen die poreus permeabele wand (m) zijn, met een langzame "lek" van nutriënten komen voor. De meststof deeltjes zullen verschillen in sterkte van het membraan en diameter. Zo is het vrijkomen in de tijd te regelen.

Het andere principe berust op het chemisch inbouwen van de nutriënt. De afbraak van de meststof kan microbiologisch en/of chemisch gebeuren, waarbij de voedingsstof vrijkomt. Het mechanisme van de chemische/microbiologische afbraak kan verduidelijkt worden aan de hand van enkele hypothetische voorbeelden (de exacte afbraakweg is vaak nog niet bekend).



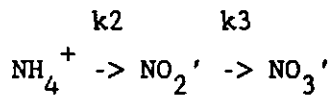
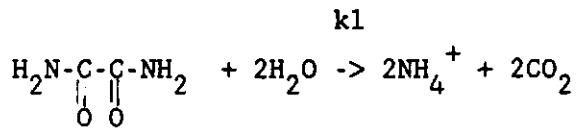
dimethyleentriureum



,enzovoort. Ureum breekt weer verder af via ammoniumcarbonaat en ammoniak tot uiteindelijk nitraat. Formaldehyde wordt niet gevonden, mogelijk wordt dat geoxydeerd tot mierenzuur. De volgorde is hier willekeurig gekozen omdat de reactiesnelheden niet bekend zijn. Mogelijk zijn volgorde en snelheid van de afbraakstappen echter in de literatuur te vinden. Ureum-moleculen van verschillende plaatsen in het molecuul komen op verschillende tijdstippen vrij.

Een ander voorbeeld kan gegeven worden voor het oxamide $\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$

De afbraak is waarschijnlijk als volgt:



De snelheid van werking van de stikstof hangt af van de grootte van k1, k2 en k3.

Naast de "membraan" en "chemische" SRF's zijn een aantal typen meststoffen volgens andere principes in gebruik. Zo wordt een aantal weinig oplosbare P-verbindingen, zoals $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en $\text{MgNH}_4 \cdot \text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ gebruikt. Verder kunnen nutriënten ingesmolten worden in glasfritten en kunnen ze gekoppeld worden aan ionenwisselaars. Voorbeelden daarvan zijn harsen, zeolieten en vermiculiet.

Factoren die het vrijkomen van de voedingsstof beïnvloeden

Tijdcurve + snelheidsconstante

Het vrijkomen van een meststof in de loop van de tijd kan weergegeven worden door de formule:

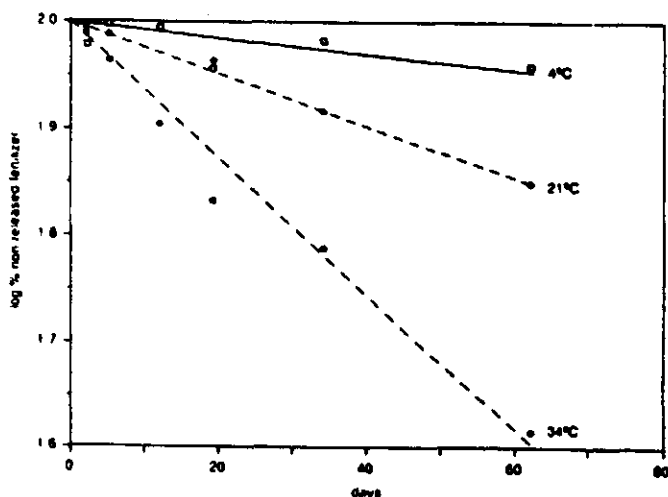
$$\log(Q_0 - Q_t) = kt \quad (\text{Kochba, et al., 1990}),$$

hierin is Q_0 de hoeveelheid toegediende meststof,
 Q_t de hoeveelheid vrijgekomen "actieve" meststof,
en t de tijd.

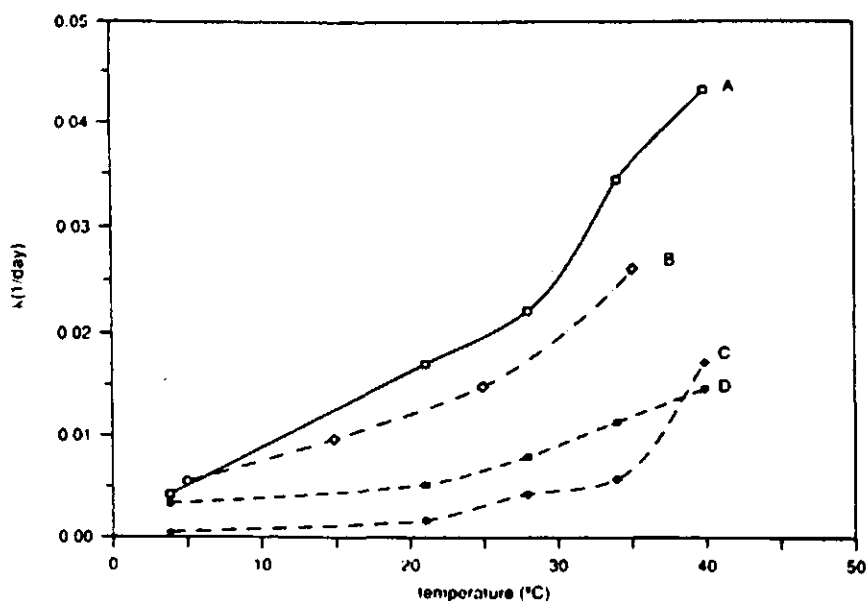
Een aantal factoren beïnvloedt de grootte van k :

Temperatuur

In de figuren 2 en 3 zijn proefresultaten over deze invloed weergegeven. Hieruit blijkt dat de temperatuursinvloed voor verschillende meststoffen zeer verschillend is. In tabel 2 is de relatieve toename per 10°C temperatuurstijging vermeld. Deze varieert van 1-3x de oorspronkelijke snelheid.



Figuur 2. Tijdsafhankelijkheid van $\log(Q_0 - Q_t)$ uit de formule I voor verschillende temperaturen. Kochba et al (1990).



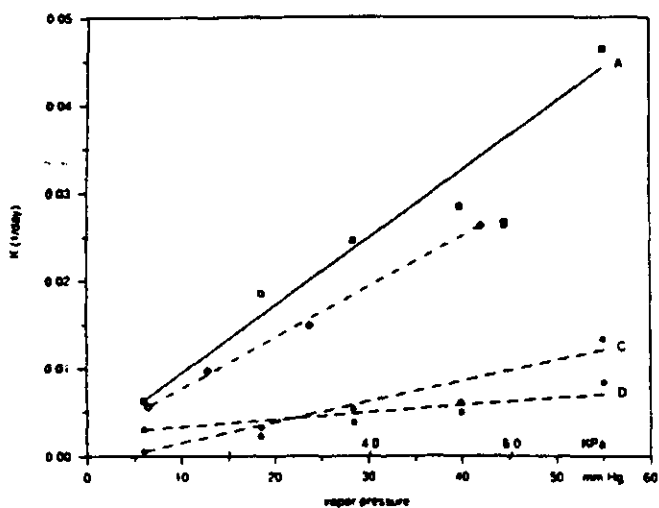
Figuur 3. Invloed van temperatuur op de reactieconstante k van het vrijkomen van N uit een aantal langzaamwerkende meststoffen A tot en met D. Kochba et al (1990)

Tabel 2. Relatieve toename van de reactiesnelheidsconstante bij 10°C temperatuursverhoging voor de meststoffen A tot en met D. Aantal malen dat de reactieconstante verhoogd is ten opzichte van de waarde bij de laagste temperatuur. Berekend uit Kochba et al (1990).

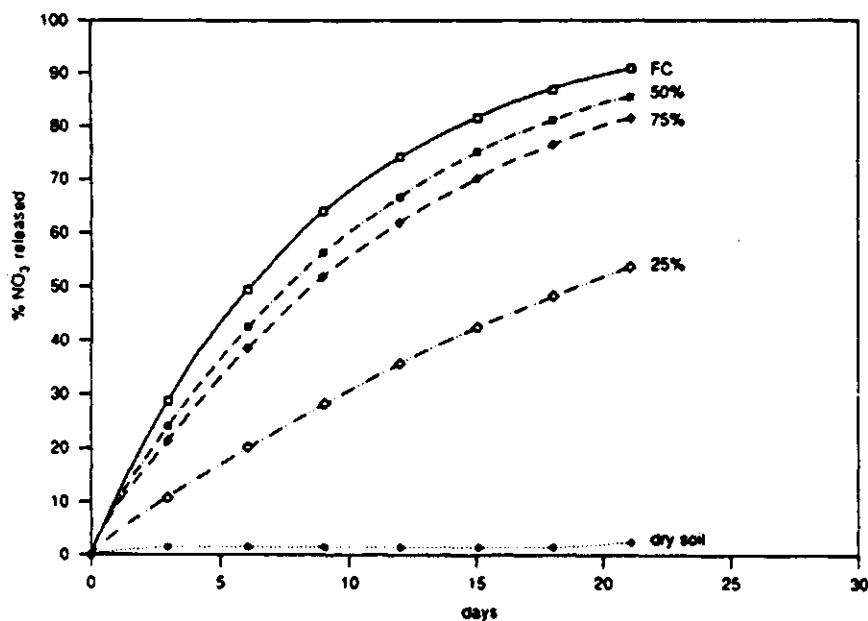
Meststof	10 -> 20°C	20 -> 30°C	30 -> 40°C
A	2	1,4	1,9
B	1,6	1,6	
C	2	2,5	3,4
D	1	2,2	1,6

Vochtgehalte en waterdampspanning

In figuur 4 is de invloed weergegeven van de waterdampspanning en in figuur 5 van het vochtgehalte van de grond. Het blijkt dat een toenemende beschikbaarheid van water het proces van vrijkomen versnelt.



Figuur 4. Verband snelheidsconstante k van de afbraak van een aantal langzaamwerkende meststoffen en de waterdampspanning. Kochba et al. (1990)



Figuur 5. Vrijkomen van nitraat als functie van de vochtigheid van de grond. Kochba et al. (1990)

Wijze van toediening aan de grond

De behandeling van potgronden, zoals verkrumeling en manier van kneden, blijkt van veel belang voor het vrijkomen (Verwoolde en Van Mierlo (1989)).

Methoden van kwaliteitsbeoordeling van langzaamwerkende meststoffen

Het zou de voorkeur verdienen een exact te omschrijven product in de handel te brengen met een patroon voor het vrijkomen van nutriënten. En dit zou vertaald moeten kunnen worden in meetgrootheden van de meststof. Dit is echter een moeilijk te bereiken ideaal. Zowel het product als de gebruiksomstandigheden zijn variabel. Bij het product zijn er verschillen in deeltjesgrootte en samenstelling.

De kwaliteitscriteria (tabel 3) zijn afhankelijk van het type langzaamwerkende meststof zoals "membraanomhulde" of "chemische" langzaamwerkende meststof.

Een aantal criteria berust op meting van het vrijkomen van de nutriënt, direct of indirect. Dit kan gebeuren door meting van de nutriënt in oplossing en de gewichtstoename door opzwellen van de korrels via wateropname.

Extracties van de korrels kunnen met verschillende oplosmiddelen uitgevoerd worden. Zo wordt water van 25°C en 100°C gebruikt. Ook kunnen elutieproeven van lagen meststoffen gedaan worden. Hierbij wordt water op de lagen gedruppeld terwijl men de concentratie in de gepasseerde vloeistof meet.

In proeven met grond zonder gewas kan het effect via het gehalte aan beschikbaar nutriënt getest worden, liefst ook onder "standaard"omstandigheden.

Als vergelijking kunnen dan normale meststoffen dienen in een optimale gift.

Van theoretisch belang en ook wel van praktisch is het de aard, volgorde en de snelheidsconstanten van de omzetting van de chemische SRF's te bepalen.

De chemische samenstelling van de omhulling of de chemische SRF's is ook een criterium, onder andere polymeerlengte en -vertakking.

Verder zijn fysische gegevens zowel van membraanomhullingen als van SRF's met chemisch ingebouwde nutriënt belangrijk. Hierbij kan voor beide gedacht worden aan korrelgrootte, korrelgrootteverdeling, korrelvorm, homogeniteit en hygroschopieiteit. Fysische grootheden van de membraan zijn dikte van de omhulling, structuur daarvan, poriën, homogeniteit, trek- en scheursterkte en de microscopische opbouw.

Het effect op het gewas kan gemeten worden in opbrengst, bladkleur, kwaliteit, enzovoort, en in verschillende stadia. Verder kan de opname van de nutriënt en de "recovery" daarvan bepaald worden. Eventueel kan daarbij als vergelijking nog een gedeelde gift toegepast worden. Tijdens toepassing bij gewassen kan vervluchtiging van N-meststoffen zoals in de vorm van NH_3 ook bepaald worden.

Tabel 3. Beoordeling van kwaliteit en eigenschappen van langzaamwerkende meststoffen.

Fysische grootheden van de meststof:

Vorm van de korrels	Sterkte: bij kapotstampen
Grootte van de korrels	bij schuren
Grootteverdeling	bij botsen
Bulkdichtheid	Hygroscopiciteit
	Adsorptiesnelheid voor vocht in een laag van de korrels

Eigenschappen van het "membraan"materiaal bij "omhulde" korrels:

Treksterkte	Poriën
Kracht bij 100%, 200%, enz verlenging (elasticiteit)	Dikte van de omhulling en spreiding
Scheursterkte	Chemische samenstelling

Speciaal voor "chemische" SRF's:

Chemische analyse	Polymerisatiegraad
Verdeling van polymeersamenstelling	

Bij opslag:

Tophoek bij opslag	Verliezen bij bewaring
--------------------	------------------------

Vrijgekomen meststof:

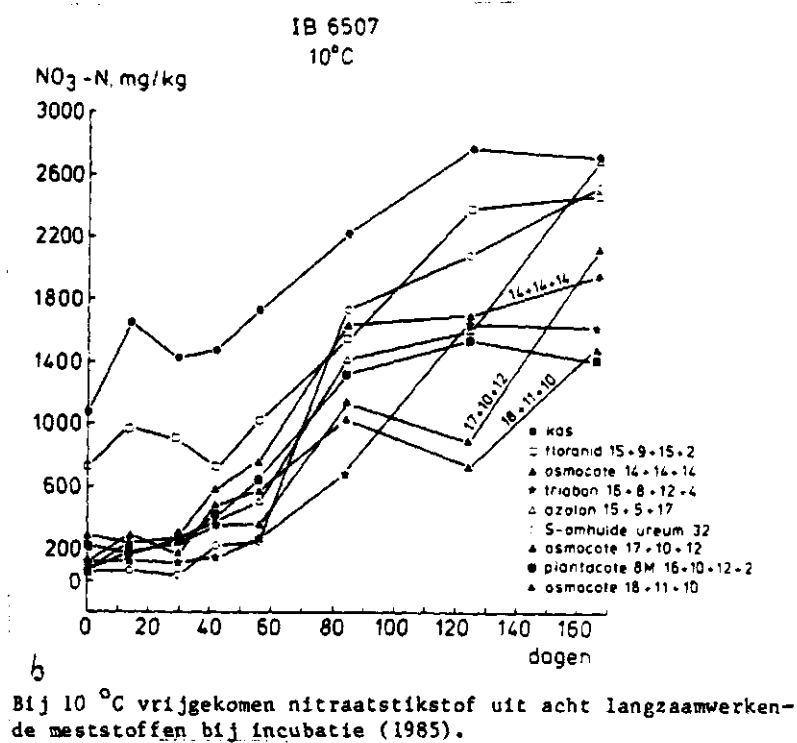
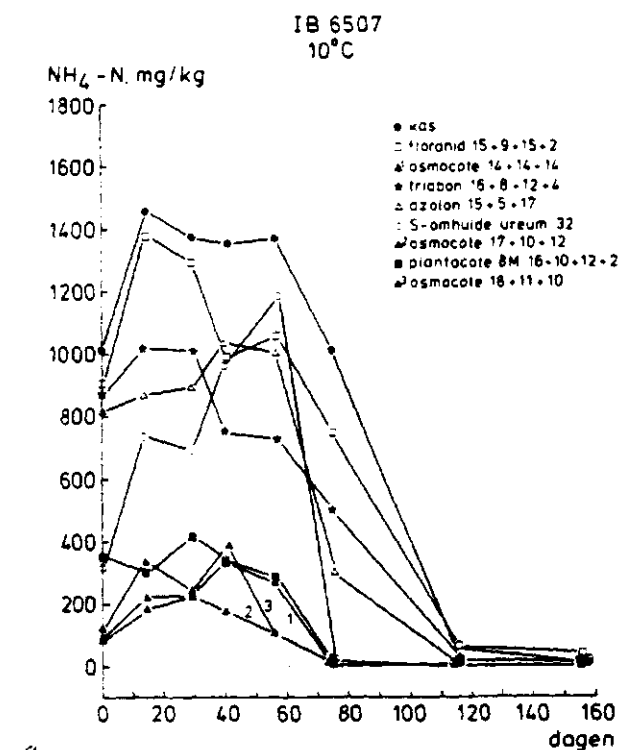
Extracties met koud (25°C) water	Proeven in grond:
met warm (100°C) water	Menging in potten en meten vrijkomen
met zoutoplossingen	(curven in de tijd)
Elutieproeven	

Plantproeven:

Opname + recovery %	Bladkleur
Opbrengst	Kwaliteit

Bewaringsmogelijkheden van de SRF's zijn ook belangrijk. Zo zou verlies aan vluchtige stoffen als NH_3 al tijdens de opslag kunnen optreden. Hieronder zullen nu wat bepalingen uit de literatuur vermeld worden. Het gaat om de werking in de tijd gemeten aan het vrijkomen van de voedingsstof of van de wateropname bij een "omhulde" meststof.

In de figuren 6a en 6b is het vrijkomen van N uit een aantal meststoffen uit onderzoek van v.d. Boon (1987) weergegeven.



b Bij 10 °C vrijgekomen nitraatstikstof uit acht langzaamwerkende meststoffen bij incubatie (1985).

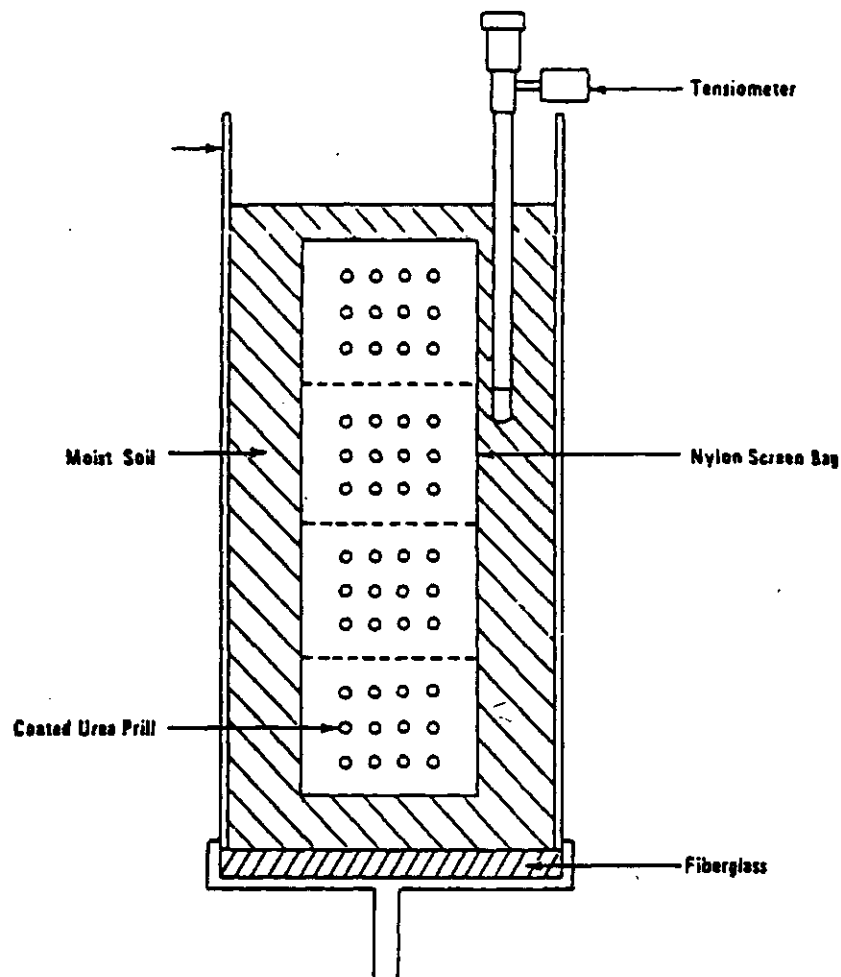
a Bij 10 °C vrijgekomen ammoniumstikstof uit acht langzaamwerkende meststoffen bij incubatie (1985).

Figuren 6a en b. Hierin is floranid: isobutylideendiureum, triaban: crotonylideendiureum, azolon: ureumformaldehyde en plantacote: mengsel.

Uit: v.d. Boon (1987).

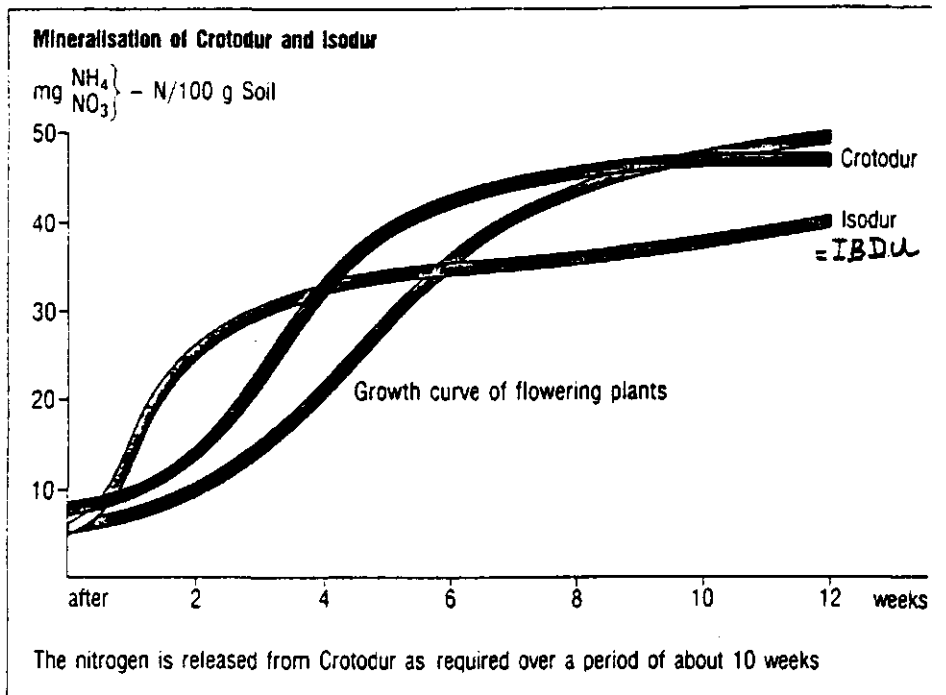
De meststof werd hierbij toegevoegd aan een potgrond. De patronen verschillen sterk (zie voor de naamgeving ook tabel 5).

Salman et al. (1989) beschrijft een extractiemethode die gestandaardiseerd is op een wijze als in figuur 7 aangegeven is. Het vochtgehalte van de omgevende grond is geregeld met een tensiometer.



Figuur 7. Systeem om het vrijkomen van ureum te bestuderen (via gewichtsverlies). De gecoatete ureumkorrels zijn bevestigd op een nylon gaas in een plastic cylinder. Salman et al. (1989).

In figuur 8a is de curve van het vrijkomen voor twee chemische langzaamwerkende meststoffen crotonylideendiureum en isobutylideendiureum weergegeven. Na 4-6 weken incubatie blijft hier het gehalte constant.



Crotodur
(Crotonylidene-di-urea)

Structural formula:

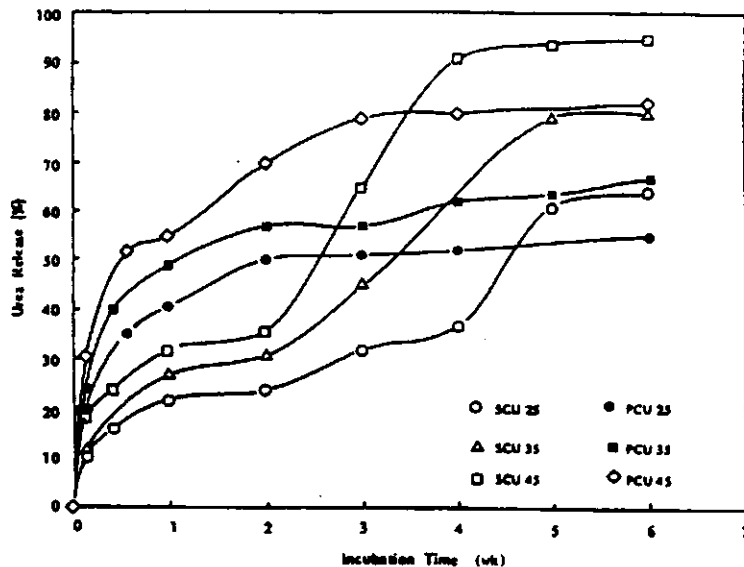
$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{HN} \quad \text{NH} \\ | \quad | \\ \text{CH}_3-\text{CH} \quad \text{CH}-\text{NH}-\text{CO}-\text{NH}_2 \\ | \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{H}_2 \end{array}$$

Empirical formula: $\text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}_2\text{N}_4$
Molecular weight: 172.2
Formulation: colourless, fine crystalline powder

Solubility in water, g/100 ml
at 20 °C: 0.06
at 70 °C: 0.50
Melting point: 259-260 °C
Stability: very good
N-content, %: 32.5
Activity index: 99.8

Figuur 8a. Cumulatieve curve voor het vrijkomen van N uit de chemische langzaamwerkende meststof Crotodur en een bijbehorende groeicurve. Belger (1989).

De curve voor Crotodur blijkt vrij goed overeen te komen met de groeicurve van potplanten. Uit figuur 8b blijkt het grote verschil in gedrag tussen plastic- en zwavel-gecoate ureum.

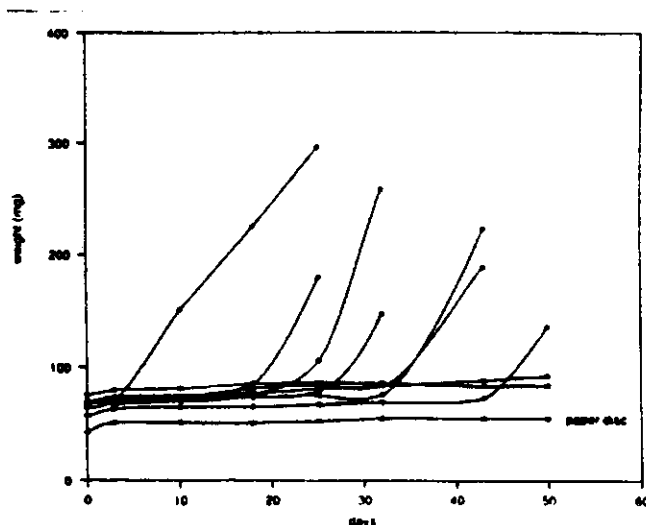


Figuur 8b. Vrijkomen van ureum uit PCU en SCU in een geïrrigeerde grond. PCU=plastic omhulde ureum. SCU=zwavel omhulde ureum. Salman et al. (1989)

Laboratoriummethoden

Methode gebaseerd op wateropzuiging

Korrels van langzaamwerkende meststoffen volgens het principe van osmotische membranen zuigen in een vochtige atmosfeer water op. Hierop berust een bepaling waarbij de gewichtstoename van korrels wordt bepaald als in figuur 9. De korrels zuigen via osmose water aan en nemen zo toe in gewicht.



Figuur 9. Gewichtstoename van SRF-korrels op filtreerpapier in een waterverzadigde atmosfeer. (Gambash et al., 1990).

Methoden gebaseerd op extractie van de korrels

Bij deze methoden worden de mestkorrels geschud met een waterige extractievloeistof (water of een zoutoplossing) en wordt na verschillende tijden de geëxtraheerde hoeveelheid meststof bepaald onder standaardcondities. Variabelen kunnen zijn de samenstelling van de schudvloeistof, de schudverhouding en de temperatuur.

Voor de "membraan omhulde" middelen wordt wel extractie met een organisch oplosmiddel toegepast waarbij poriën langzamerhand open komen en de verzegeling getoetst wordt.

Een aantal resultaten van laboratoriumextractie door v.d. Boon (1987) is in tabel 3 weergegeven.

Tabel 3. Stikstofvormen en -oplosbaarheden in langzaamwerkende mengmeststoffen

Meststof		N				N		A.I.*	N langz. werkend
		tot. %	nitr. %	ammon. %	ureum %	onopl. warm water %	onopl. koud water %		
1984									
Azolon	15+5+17	15.1	1.3	1.9	1.4	2.7	6.5	58	11.5
Osmocote	17+10+12	17.6	7.4	10.2	---	0.1**	0.1**		17.3
Plantacote	8m								
	16+10+12+2	16.9	5.6	6.9	1.1	1.8	2.5	28	15.6
Osmocote	18+11+10	16.7	6.9	9.8	---	0.1	0.1		16.3
1985									
Floranid permanent									
	15+9+15+2	14.6	4.2	5.1	0.3	0.2	1.4	86	5.2
Osmocote	14+14+14	14.2	7.0	7.2	---	0.1	0.1		13.9
Triabon	16+8+12+4	14.2	0.3	4.2	0.4	2.3	2.3	100	8.0
Azolon	15+5+17	21.9	1.3	0.5	3.2	5.3	13.3	60	12.8
S-omhulde ureum									
	32	30.9	0.1	0.1	29.9	0.1	0.1		26.2
Osmocote	17+10+12	17.0	7.1	9.9	---	0.1	0.1		16.6
Plantacote	8m								
	16+10+12+2	16.9	5.1	7.0	0.7	1.8	2.9	38	14.2
Osmocote	18+11+10	17.9	7.6	10.3	---	0.1	0.1		17.1

* A.I. = activiteitsindex

** Bij de bepaling van de hoeveelheid stikstof onoplosbaar in heet en koud water is de meststof vermalen en gaan de Osmocote-meststoffen en de met zwavel omhulde ureum geheel in oplossing.

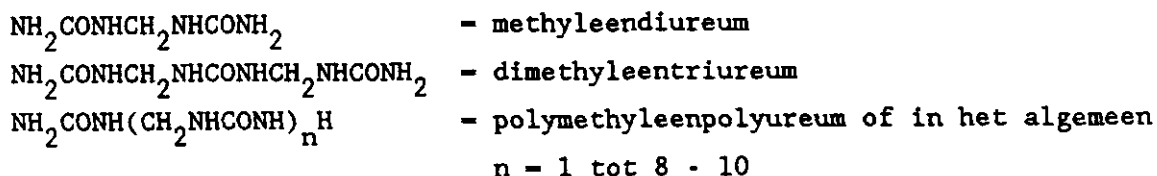
V.d. Boon (1987).

Activiteitsindex = $\frac{(\% \text{ in koud water onoplosbaar} - \% \text{ in warm water oplosbaar})}{(\% \text{ in koud water oplosbaar})}$

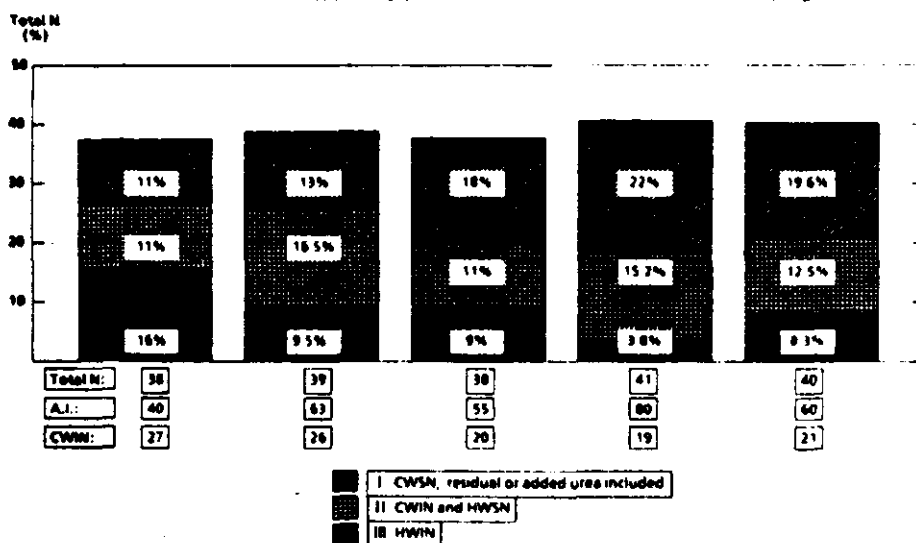
koud = 25°C
warm = 100°C

In deze tabel zijn analyses van de meststoffen weergegeven en verder percentages oplosbaar in warm (100°C) en koud (25°C) water. De methode is beschreven door de AOAC (1970). Hoge percentages "langzaamwerkende" meststof werden bijvoorbeeld gevonden in de S-omhulde ureum. Floranid permanent werkt daarentegen snel. Van azolon (ureumformaldehyde) is weinig oplosbaar in koud water.

Een ander voorbeeld kan gegeven worden uit het werk van Alexander en Helm (1990). Hier is sprake van de "chemische" SRF Ureaform, die bestaat uit de volgende stoffen:



Het resultaat van analyse in koud en warm water oplosbaarheid is weergegeven in figuur 9.



Graphical illustration of Ureaform materials differing in their specific composition of cold water-soluble and insoluble nitrogen (known Ureaform materials on the market and experimental samples).

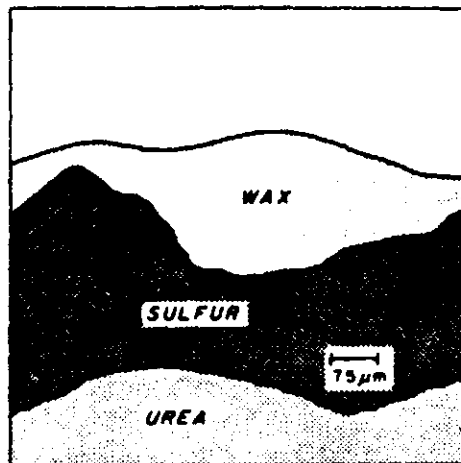
Figuur 9. Wateroplosbaarheid van een aantal ureaform preparaten volgens Alexander en Helm (1990). A.I.=activiteitscoëfficiënt.

Er is een verband met de tijdsduur van vrijkomen, zoals uit de volgende tabel blijkt.

Fractie	Stikstof %	Gemiddeld aantal uree-eenheden per molecuul	Periode van vrijkomen
I Koud water oplosbaar	13	2 - 4	Een aantal weken
II Onoplosbaar in koud water maar oplosbaar in heet water	16	4 - 6	Enige maanden
III Onoplosbaar in heet water	9	6 - 8	1 - 2 jaar

Ook Sengh (1986) gebruikt extractiemethoden bij onderzoek van rubberomhulde meststoffen. Er wordt 5 gram monster geëxtraheerd in 500 ml gedistilleerd water en worden na verschillende tijden monsters genomen.

Een andere methode waarbij met benzeen de korrels opengemaakt worden is beschreven door Jarrell et al (1979) voor met zwavel gecoate korrels (figuur 10).



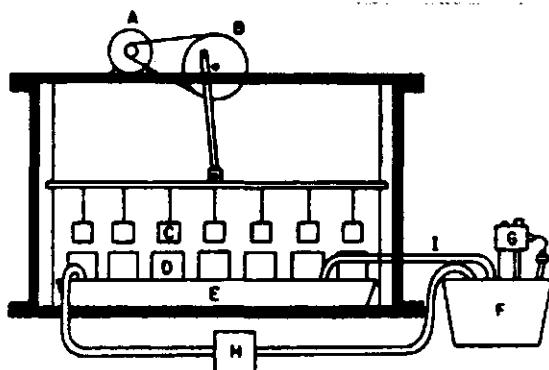
Figuur 10. Doorsnede van de S-gecoate korrels.

—Cross-section of coating on SCU granule (after McClellan and Scheib, 1973).

Eerst wordt de waslaag verwijderd en later de zwavel uit de poriën. Met het apparaat wordt beurtelings kort in benzeen en lang in gedistilleerd water gespoeld (figuur 11b).

In het water wordt de lek van de meststof gemeten. Het apparaat is in figuur 11 afgebeeld. In figuur 12 is een curve voor het % open korrels te zien voor een bepaalde meststof in relatie tot de coating die verwijderd is.

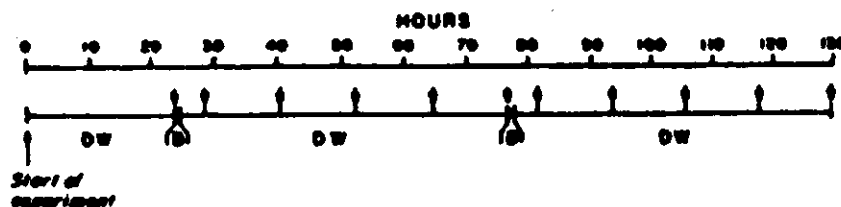
Figuur 11. Apparaat gebruikt voor de benzeenbehandeling. A=electromotor, B= wiel dat 18 toeren/ minuut maakt, C=vat met meststofkorrels, D=vat met bemonsterde oplossing, E=temperatuur-gecontroleerd waterbad, F=warmwaterreservoir, G=thermostaat, H=waterpomp, I=slangen



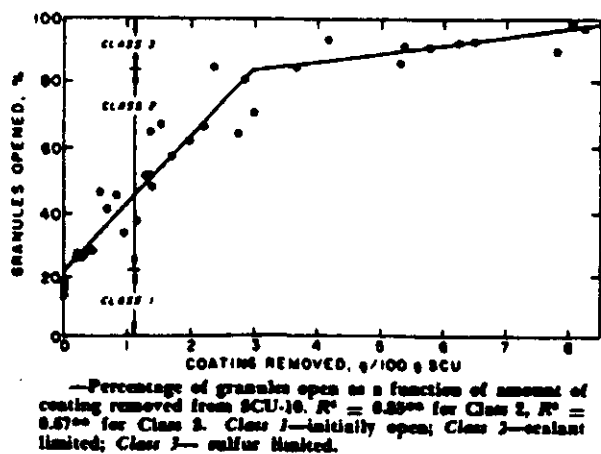
Figuur 11b. Tijdschema voor het dompelen in benzeen en water.

B = dopen in benzeen

DW= gedistilleerd water



Figuur 12. Percentage van de korrels die open zijn in relatie tot de verwijderde "coating".



Elutie

In een ander onderzoek wordt elutie als testmethode toegepast. Dit wil zeggen dat geëxtraheerd wordt als de meststof gemengd is met grond of zand. Het mengsel bevindt zich in cylinders en er wordt doorgespoeld met water of zoutoplossing. Eventueel kan het ook met een kolom van alleen de meststof of in erlenmeyers waarin de extractievloeistof periodiek gewisseld wordt. Belangrijk is hierbij weer dat de proefomstandigheden gestandaardiseerd worden.

Zo wordt door Seng (1986) 2 gram van de rubber-gecoate meststof gebracht op een laag grond in een glazen buis van 5 cm diameter en 40 cm hoogte. Om de dag wordt 25 ml gedistilleerd water toegevoegd. Monsters van 100 ml worden wekelijks onder onderdruk afgetapt.

Ook V.d. Boon (1987) beschrijft een methode. Hier worden plastic buizen toegepast. De meststof wordt gemengd met een zandgrond. Dagelijks wordt een hoeveelheid water gelijk aan de watercapaciteit doorgespoeld en onderzocht.

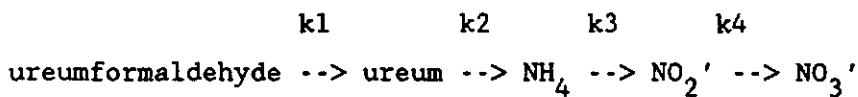
Bij eluties worden ook wel zoutoplossingen gebruikt, zoals bijvoorbeeld Oettli (1974) beschrijft.

Snelheidsconstante van de afbraak van de chemische SRF's

Over onderzoek over de snelheid van afbraak onder standaardomstandigheden is nog weinig informatie gevonden. Het is mogelijk zinvol om hier nog eens verder naar te zoeken zowel in de organisch-chemische als de microbiologische literatuur.

Vaak betreft de afbraak hydrolyse- en reductie- reacties zoals bij de afbraak van ureumformaldehyde. Zuren en basen kunnen hier een rol spelen evenals bodemmicroben. Onderzoek kan plaatsvinden voor het totaalproces in de grond door periodiek onderzoek van de producten van de meststof. Daarnaast kan het ook met vergelijkende laboratoriumproeven met een bepaalde concentratie zuur of base of één bacteriesoort zonder grond.

Het reactieschema voor ureumformaldehyde is als volgt:



De procedure die Sasson gebruikt is als volgt: 10 gram grond wordt gemengd met de meststof tot 300 mg N/kg. De monsters worden bij 75% vochtcapaciteit geïncubeerd bij 15 of 30°C. Extractie vindt plaats met 1 N K₂SO₄ in een schudverhouding van 1 : 10. In de extracten wordt NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻ en ureum bepaald. In tabel 4 zijn de resultaten weergegeven.

Tabel 4. Snelheidsconstante voor de reactie UF → ureum of ureumafbraak volgens onderzoek van Sasson (1979).

	UFH*		UFCC*		Ureum	
Temperatuur in °C	15	30	15	30	15	30
Afbraaktijd in dagen	2-160	2-181	2-160	2-181	2-20	2-6
Snelheidsconstante k in 10 ⁻³ dagen	1,6	4,78	2,38	9,20	130	510

* handelspreparaten

Chemische eigenschappen van de SRF's

Onderzoek kan gedaan worden aan de samenstelling van zowel de "chemische" SRF's als aan de omhulling van de "membraan"SRF's. Over dit soort kwaliteitsonderzoek werd in de literatuur niet zeer veel informatie gevonden. Er kan bijvoorbeeld gekeken worden naar elementair analyse en naar de polymerisatiegraad.

Chemische SRF's

Hier beperkt het onderzoek zich tot het bepalen van de actieve component en eventuele polymerisatiegraad.

Omhullingen bij de "omhulde" SRF's

Ook hier kan elementair analyse gedaan worden en polymerisatiegraad, enzovoorts bepaald worden. In speciale gevallen kunnen nog specifieke componenten bepaald worden. Zo wordt door Seng (1986) in een dissertatie een groot aantal gestandaardiseerde bepalingen beschreven voor een omhulling van natuurrubber. Het onderzoek heeft plaats in de membranen en in de grondstof. Zo worden "vluchtige vetzuren", met aceton extraheerbare bestanddelen, zwavel en een aantal andere elementen bepaald.

Fysische eigenschappen van de SRF's

Hier kan een aantal eigenschappen van de korrel en speciaal van de omhulling onderzocht worden.

voor de korrels:

- korrelgrootte en korrelgrootteverdeling (Seng (1986) gebruikt zeven met openingen van 1 - 5,66 mm);
- korrelvorm;
- hardheid van de korrels (bij stampen en botsen);
- weerstand tegen schuren;
- hygroscopiciteit (mate waarin opgenomen vocht zonder vervloeien getolereerd wordt);
- adsorptie-penetratietest (vochtopname per eenheid van oppervlak bij doorzuigen van vochtige lucht in een maatcilinder);
- tophoek van de berg bij opslag.

Voor de coating kan bepaald worden:

- treksterkte;
- scheursterkte;
- dikte van omhulling;
- elasticiteit;
- viscositeit;
- structureigenschappen.

Salman et al (1989) vermelden gegevens over de poriën in de omhulling voor zwavel omhulde SRF-korrels. Deze bepalen de permeabiliteit.

Seng (1986) beschrijft een aantal methoden. Zo wordt de weerstand tegen schuren bepaald door een monster samen met 50 stalen bollen van 8 mm doorsnede gedurende 5 minuten bij 30 toeren per minuut te laten roteren. Seng beschrijft methoden voor de bepaling van de elastische eigenschappen, de treksterkte en de scheursterkte.

Methoden van toetsen van langzaamwerkende meststoffen op de gewasgroei

De werking van SRP's kan vergeleken worden met gewasgroei bij een enkele optimale gift snelwerkende meststof of eventueel een basisbemesting en een aantal keren bijbemesten. Bij het laatste dient het nadeel van extra arbeid in rekening gebracht te worden. Naast effect op kwantiteit kan ook gekeken worden naar de kwaliteit van het product.

Van der Boon (1987) vergeleek een vrij grote reeks meststoffen bij Engels raaigras in een potproef. De gevolgde methode die als voorbeeld gegeven wordt, was als volgt.

In 1984 werden 34 behandelingen uitgevoerd in drievoud, totaal 102 plastic potten van 6 liter. De behandelingen waren als volgt opgezet:

- a. geen stikstoftoediening in twee objecten;
- b. vier trappen van kalkammonsalpeter naar 0.5, 1.0, 1.5 en 2.0 gram N per pot als basisgift ineens;
- c. dezelfde hoeveelheden kalkammonsalpeter als bij b., waarvan 20% als basisbemesting en de rest in zes porties na elke grassnede;
- d. de vier in 1984 onderzochte langzaamwerkende mengmeststoffen in zes trappen naar 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 en 3.0 gram N per pot als basisgift door de potgrond gemengd bij aanvang van de proef.

Seng (1986) beschrijft een methode waarbij rubber (*Hevea brasiliensis*) stekken als proefplant genomen waren. De methode was als volgt.

Beoordeling van met rubber omhulde meststoffen ten aanzien van de plantegroei

Het effect van met polyvinylrubber omhulde PRIM Mag X meststof op de gewasgroei werd getest met jonge rubberstekken met knoppen in grote plastic zakken (38 x 64 cm) gevuld met Holyrood en Rengam grond. Iedere zak bevatte 23 kg grond en was wat betreft hoeveelheid en frequentie bemest volgens RRIM (1963). Een bloksysteem met drie herhalingen werd in het experiment gebruikt. De lengtegroei van de planten werd gemeten.

Verder werden ook proeven met maisplanten in potten en met rubber planten in lysimeters gedaan.

Verbranding van de planten wordt door Seng op de volgende wijze getoetst.

Test op verbranding van het gewas door met rubber omhulde meststoffen

De test werd toegepast op gekorrelde ureum, ammoniumsulfaat en dezelfde meststoffen met rubber omhuld. De test plant was een gras (*Axonopus compressus*). Het gras werd gekweekt in schalen van 70 x 50 cm². De bemesting werd gegeven met een snelheid van 1,47 g N per dag. Het gras werd dagelijks begoten met 1 cm regen. De behandelingen lagen in tweevoud. Dagelijks werd het gewas beoordeeld op schade door de meststof. Na één maand werd geoogst.

Sasson (1979) geeft een methode met raaigras, waarbij de invloed op de opbrengst getest wordt voor een aantal ureumformaldehyde meststoffen UFH, UFCC, UFH + ureum in vergelijking met NH_4NO_3 . De concentraties per pot waren 0,125, 0,25, 0,50, 1,0 en 2,0 gram N/pot. De methode is als volgt.

Kasexperiment

De gewasreactie van drie achtereenvolgende oogsten van raaigras (*Lolium aristatum*) op verschillende stikstofmestmengstoffen werd nagegaan gedurende een groeiperiode van vier maanden (9 november 1975 tot 26 februari 1976). De grond (3 kg) werd met vijf niveaus meststoffen in plastic containers gevuld. Micronutriënten werden toegevoegd en verder K_2HPO_4 en KH_2PO_4 tot hoeveelheden van per pot van 0,41 gram P en 0,74 gram K. Het vochtgehalte werd op veldcapaciteit gehouden. De opbrengst in droge stof werd bepaald en verder werd het stikstofgehalte van de planten met een micro-Kjeldahl methode bepaald (Bremner, 1965b).

De beschrijvingen die hierboven gegeven worden kunnen een indicatie geven hoe een standaardmethode er ongeveer uit kan zien.

Mengsels en formulering

Hieronder zal kort ingegaan worden op de vele mengsels van direct werkzame en langzaamwerkende meststoffen, die in gebruik zijn.

Vaak worden langzaamwerkende meststoffen gebruikt in combinaties zoals uit

onderstaande voorbeelden blijkt.

Zo beschrijft Belger (1989) voor de crotonylideenmeststof triabon de samenstelling uit tabel 4B. Deze meststof bevat naast stikstof in langzaamwerkende vorm nutriënten als N,P,K en spoorelementen in normale vorm.

Tabel 4B. Samenstelling van een meststof met als bestanddeel de langzaamwerkende N-meststof crotonylideen-di-ureum. Belger (1989).

Composition of Triabon 16+8+12+4

16 % N, total nitrogen
 3.7% ammonium nitrogen
 1.0% N carbamide nitrogen
 11.3% crotonylidene-di-urea

8 % P_2O_5 , neutral ammonium citrate
 and water-soluble phosphate
 5% P_2O_5 water-soluble phosphate

12% K_2O , water-soluble potassium oxide

4% MgO, total magnesium oxide

0.02 % B boron
0.1 % Fe iron
0.04 % Cu copper
0.1 % Mn manganese
0.015 % Mo molybdenum

chloride content below 1 % Cl

Delivery form: plastic sack, 25 kg

V.d. Boon (1987) beschrijft in tabel 5 een aantal meststoffen waaronder ook mengsels zoals Plantacote 8M.

Tabel 5. De onderzochte langzaamwerkende meststoffen.

<u>Naam</u>	<u>Samenstelling</u>	<u>Langzame werking door</u>	<u>Werkingsduur</u>
	1984		
Azolon	15+5+17	ureumformaldehyde	4-5 maanden
Osmocote	17+10+12	omhulsel	5-6 maanden
Plantacote 8M	16+10+12+2	mengsel Osmocote, ureumformaldehyde en snelwerkende meststof	8-9 maanden
Osmocote	18+11+10	omhulsel	8-9 maanden
	1985		
Floranid permanent	15+9+15+2	isobutylideendiureum	3 maanden
Osmocote	14+14+14	omhulsel	3-4 maanden
Triabon	16+8+12+4	crotonylideendiureum	4 maanden
Azolon	15+5+17	ureumformaldehyde	4-5 maanden
S-omhulde ureum	32	omhulsel	4-6 maanden
Osmocote	17+10+12	omhulsel	5-6 maanden
Plantacote 8M	16+10+12+2	mengsel Osmocote, ureumformaldehyde en snelwerkende meststof	8-9 maanden
Osmocote	18+11+10	omhulsel	8-9 maanden

V.d. Boon (1987).

Sanderson et al. (1984) beschrijven ook een aantal gemengde meststoffen in combinatie met langzaamwerkende meststoffen. De beschrijving is hieronder overgenomen:

Hier worden negen geteste langzaamwerkende meststoffen beschreven:

Precise 12N-2, 6P-5K(12-6-6) dat bestaat uit omhulde vloeibare ureum, ammoniumsuperfosfaat en kaliummuriat; vijf geëxpandeerde vermiculiet meststoffen 18N-3, 9P-7, 5K(18-9-9), 20N-2, 2P-8, 3K(20-5-10), 16N-1, 7P-10K(16-4-12), 20N-2, 2P-4, 2K(20-5-5) en 15N-8, 7P-4, 2K(15-20-5) bereid

door een hete brij van ureumformaldehyde, monodiammoniumfosfaat en kaliumsulfaat toe te voegen aan geëxpandeerde vermiculiet en zo deeltjes van 1-3 mm te maken; Pro-Grow 25N-4, 4P-8, 3K(25-10-10) worden gemaakt van ureum, methyleenureumverbindingen, monoammoniumfosfaat en kaliumsulfaat in 3,5 mm korrels; Mag-Amp, 7N-17, 4P-4, 1K(7-40-6) is een combinatie van cogeëgranuleerd magnesiumammoniumfosfaat en magnesiumkaliumfosfaat; en "Osmocoot" 14N-6, 1P-11, 6 K(14-14-14) is een met plastic-hars gecoate anorganische in water oplosbare meststof.

Naast N kunnen ook andere meststoffen als P en K in de omhulling opgenomen zijn zoals in een bijvoorbeeld met dicyclopentadiëen en lijnzaadolie gecoate meststof, die in een patent van Lambie (1984) beschreven wordt. Een verbinding als Osmocote + bevat een aantal hoofdelementen en daarnaast een aantal micro-elementen. Twee andere voorbeelden zijn afkomstig uit Wilson (1988) (tabel 5B).

Tabel 5B. Langzaamwerkende N-P-K meststof 16+8+12+4 volgens Wilson (1988).

Totaal stikstof (N)	16,0 %
Ammoniakale stikstof	3,7 %
Carbamide stikstof	1,0 %
Crotonylideendiureum stikstof	11,3 %
Fosforpentoxyde (P_2O_5), oplosbaar in neutraal ammoniumcitraat en water	8 % (3,5 %P)
oplosbaar in water	5 % (2,2 %P)
Kalium oxyde (K_2O)	12 % (9,9 %K)
Totaal Magnesiumoxyde (MgO)	4 % (2,4 %Mg)

Het tweede voorbeeld uit Wilson (1988).

Meststof NPK 16-6-8 + 2% MgO die ureumformaldehyde bevat.

Het recept van de meststof komt uit Frankrijk en is vertaald.

(Vervolg tabel 5b)

16 % stikstof (N) waarvan:

2,4 % oplosbaar in water van 25°C

3,8 % onoplosbaar in water van 25°C maar oplosbaar bij 100°C

3,8 % onoplosbaar in water van 100°C

5 % ammoniakstikstof

1 % nitraatstikstof

6 % fosforpentoxyde (P_2O_5) oplosbaar in citraat waarvan:

5,5 % oplosbaar in water

8 % kaliumoxyde (K_2O) oplosbaar in water

2 % magnesiumoxyde (MgO) oplosbaar in water.

Het blijkt dat combinaties van langzaamwerkende en snelwerkende meststoffen een programma kunnen geven van wisselende toevoer van meststoffen.

Programmering van het vrijkomen van meststoffen

Een Canadese patent van Eibner et al. (1983) beschrijft bijvoorbeeld een "geprogrammeerde" meststof. Daar wordt een startgift, een continue gift tijdens de teelt en een gift aan het eind van de teelt toegepast. Speciale problemen zijn de behoefte van de jonge plant en de wisselende behoefte aan micro-elementen en magnesium. Daarom worden de verschillende voedingsstoffen apart geregeld. De meststoffen worden hier in porties verdeeld met een kernlaag van meststof en daarom heen een zogenaamde "envelop"-laag. Eventueel kunnen er ook meerdere "envelop"-lagen zijn. Van de meststoffen wordt een groot aantal voedingsstoffen geclaimd waaronder bijvoorbeeld ook Si en Co. De "envelop"-laag kan uit stoffen bestaan die in water zwellen of die waterafstotend zijn. Voor de "envelop"-laag is een groot aantal uiteenlopende stoffen uitgekozen, zo worden onder andere paraffinen, wassen, metaalzepen, gelatine, polysacchariden en polyvinylacetaat genoemd. De laagdikte van een waterafstotende laag kan 10^{-2} μm tot 1 cm dik zijn en de in water slecht oplosbare of zwellende stof lum tot 1 cm dik. De start van de nutriëntenstroom is gekoppeld aan de irrigatie. Een meststof met langere werking is bijvoorbeeld ijzerpalmitaat. Een voorbeeld van een meststof als geclaimd wordt in bijlage 1 gegeven. Concluderend hierover kan de vraag gesteld worden of de extra kosten geïnvesteerd in een dergelijke meststof terugverdiend worden in de batenb van een meer optimale bemesting.

Conclusies

- Ideaal zou zijn als de voedingsstoffen in ieder stadium van de gewasgroei in een optimale hoeveelheid aangeboden zouden worden. Dit zou zowel een maximale opbrengst garanderen als een minimaal verlies in het milieu geven. Langzaamwerkende of geprogrammeerde meststoffen kunnen daarbij een rol spelen.
- Verschillende typen langzaamwerkende meststoffen zijn beschikbaar. Zo zijn er chemische die in de grond langzaam afgebroken worden of meststoffen waarbij de werkzame stof omhuld is door een membraan. Ook kan de voedingsstof aan een ionenwisselaar vastzitten of ingesmolten zijn in een bepaald materiaal.
- Chemisch kunnen het zeer verschillende stoffen zijn zoals voor N ureumpolymeren, ureumaldehydeverbindingen, amiden. Ook de membranen kunnen uit zeer verschillende stoffen bestaan zoals polyethyleen of zwavel.
- Eén van de problemen is wel dat de werking afhankelijk is van de omstandigheden zoals temperatuur en de aanwezigheid van water.
- De kwaliteit van de langzaamwerkende meststoffen kan op een aantal manieren getoetst worden. Zo kunnen chemische samenstelling en een aantal fysische grootheden bepaald worden. Onder fysische grootheden zijn korrelgrootte, korrelgrootteverdeling, hardheid van de korrels. Verder verschillende eigenschappen van de omhulling zoals trek- en scheursterkte, elasticiteit en permeabiliteit. Ook laboratoriumbepalingen met verschillende extractiemiddelen, elutie in een cylinder en vrijkomen in mengsels met grond. Gestandaardiseerde proeven kunnen met gewassen gedaan worden.
- Langzaamwerkende meststoffen kunnen er voor een groot aantal macro- en micronutriënten zijn. Zo zijn er voor N, P, K en voor Zn en Fe beschreven.
- De langzaamwerkende meststoffen kunnen ook in combinaties met snelwerkende meststoffen gebruikt worden.
- Zeer gecompliceerde meststoffen zijn in patenten vastgelegd. Hierbij kan door een groot aantal "verpakte" porties het patroon van vrijkomen gedurende de teelt voor verschillende nutriënten op aangepaste en verschillende manier geregeld worden.
- Het valt nog moeilijk te overzien wat de perspectieven van sterk geprogrammeerde meststoffen op de lange termijn zijn. Het is echter zeker voorstelbaar dat ze bij de cultuur van potplanten, bloemen, bomen en bossen nog belangrijker worden. De economische en de milieu-aspecten zullen echter een belangrijke rol spelen.

Samenvatting

Een overzicht wordt gegeven van literatuurgegevens over langzaamwerkende meststoffen en de principes waarop die berusten.

Belangrijke typen zijn die waarbij de meststof chemisch vrijkomt of binnen een membraan aanwezig is.

Aandacht wordt geschonken aan mogelijkheden om de kwaliteit zo objectief mogelijk vast te leggen.

Ook komen factoren ter sprake die de snelheid van vrijkomen beïnvloeden.

Tenslotte is ook iets vermeld over meststoffen waarbij de snelheid van vrijkomen van de verschillende nutriënten zo goed mogelijk is aangepast aan de behoefte van het gewas in de verschillende groeistadia.

Literatuur

- Alexander, A. en Helm, H.U. (1990). Ureaform as a slow release fertilizer. z. Pflanzenernähr. Bodenk.153:249-255.
- BASF (1986). Langsamwerkende Stickstoffdünger - ihre Eigenschaften und Vorteile. BASF-Mitteilungen für den Landbau 4:1-78.
- Belger, U. en Drach, M. (1989). Triabon-a complete, slow-release fertilizer containing Crotodur for pot and container plants. BASF Agricultural News 2/89:10-13.
- Boon, J. v.d. (1987). Toetsing van enige langzaamwerkende meststoffen op stikstofwerking. Rapport IB, Haren no.24:59 pp.
- Brown, B.D., Hornbacher, A.J. en Naylor, D.V. (....). Sulfur-coated Urea as a slow release nitrogen source for onions. Idaho University, College of Agriculture Bulletin no.683:p1-7.
- Drake, C.F. (1988). Controlled delivery agricultural capsule and method of making. United States Patent nr.4,793,474.
- Duvdevani, I. et al. Sulfonated polymer coatings for controlled fertilizer release. PTC International Patent application for controlled fertilizer release. PCT International Patent application WO 89/03811,51 pp.
- Eibner, R. et al (1989) Fertilizer with long-term effect and programmed release of nutriënts. Canadian Patent (1989) CA 1,252,643,28 pp.
- Gambash, S., Kochba, M. en Avnimeleh, Y. (....). Studies on slow-release fertilizers II.A method for evaluation of nutriënt release rate from slow-releasing fertilizers. Soil Science 150:446-450.
- Hassan, Z.A. et al. An evaluation of urea-rubber matrices as slow-release fertilizers. Fertilizer Research 22:63-70.
- Hoverath en Sommer, K. (1990). Ammonium-Depotdünger. Deutsche Gartenbau 46:2942-2944.
- Jarrell, W.M., Pettygrove, G.S. en Boersma, L. (1979). Characterization of the thickness and uniformity of the coatings of sulfur-coated urea. Soil Sci.Soc. Am.J.43:602-605.
- Joyce, D.C. et al (1988). Thermoplastic matrix controlled-release zinc fertilizers. I. Laboratory characterization. Fertilizer Research 17:235-250. & II. Effect of soil and formulation characteristics on zin emission. Fertilizer Research 17:251-266.

- Oertli, J.J. The effect of coating properties on the nitrogen release from sulfur-incapsulated urea. *Agrochimica* XVIII:1-9.
- Kochba, M. et al (1990). Studies on slow release fertilizers. Effects of temperature, soil moisture and water vapor pressure. *Soil Science* 149:339-343.
- Lambie, J.M.H. (1985). Granular fertilizer composition having controlled release and process for het preparation thereof. Canadian Patent nr.495,15pp.
- Ranganathan, V. (1989). Controlled release of nutriënts other than nitrogen. Prospects in plantation crops. *Fertilizer News* mei 1989:27-31.
- Salman, O.A. et al (1989). Polyethylene-coated urea.2.Urea release as affected by coating material, soil type and temperature. *Ind.Eng.Chem.Res.*28:633-638.
- Sanderson, K.C. et al (1984). Effect of several controlled-release fertilizers on the growth of four foliage plants. *J. Environ.Hort.*2:77-81.
- Sasson, P. (1979). Evaluation of ureaform activity in soil. *Soil Science* 128:285-290.
- Seng, Y.C. (1986), Studie van de bereiding en eigenschappen van traagwerkende meststoffen na omhulling met natuur-rubber. *Diss.Univ.Gent*, 191pp.
- Rutten, T. (1989). Hülle aus Pflanzenölen. *Gb+Gw* 15:738-739.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L. en Beaton, J.D. (1990). *Soil fertility and fertilizer*. Mac Millan Publishing Company, New York, 4e druk, 754pp.
- Verwoolde, F.J.M. & Van Mierlo, Th.J.L. (1989). "Osmocote in potgronden". *Rapp. B.L. Oosterbeek*, 16pp.
- Wehner, D.J. en Martin, D.L. (1989). *Commun.in soil Sci.Plant Anal.*,20:1659-1673.
- Wilson, F.N. (1988). Slow release-true or false? A case for control. *Fertilizer Society*:1-33.

Bijlage 1

Meststof met lang-termijn werking en geprogrammeerd vrijkomen van voedingstoffen (Eibner et al., 1983. Canadian patent CA 1,252,643,28pp).

Startdosis: Voorbeeld 1: Bereiding van de startdosis

De ingrediënten (bijvoorbeeld recept 1, recept 2, recept 3, recept 4) voor de startdosis worden homogeen met elkaar gemengd als fijne kristallen of poeder (maximale korrelgrootte 1 mm). Dit mengsel wordt in rolpersen geperst tot plaatjes. De platen worden weer vermalen tot kleine stukjes. De startdosis heeft uiteindelijk een korrelgrootte van 1,5 tot 4 mm.

Tabel 1: voorbeelden van de samenstelling van de bemestingsstartdosis met nadruk op fosfaat en zowel variatie van de stikstofvorm als meer of minder nadruk op stikstof.

Ingrediënten (in %)	rec.1	rec.2	rec.3	rec.4
Ammoniumnitraat	-	6,1	9,5	-
Ureumcondensaat	-	-	-	36,9
Ureum	5,0	-	-	3,3
Monoammoniumfosfaat	38,0	38,0	20,5	-
Diammoniumfosfaat	9,2	9,2	23,1	9,0
Kaliumnitraat	10,0	10,0	13,0	12,0
Kaliumsulfaat	10,8	9,8	13,0	13,5
Magnesiumfosfaat	21,3	21,3	-	17,7
Magnesiumsulfaat	1,0	1,0	17,1	3,0
Spoorelementen	3,2	3,2	3,8	3,8
Hulpmateriaal	1,5	1,4	-	0,8

N-P ₂ O ₅ -K ₂ O-MgO	10-34-10-8		12-25-12-5	
verhouding		10-34-9-8		19-10-12-7

rec. = recept

De permanente dosis is:

Voorbeeld 2: Bereiding van de permanente dosis

De ingrediënten (bijvoorbeeld recept 5, recept 6, recept 7, recept 8, recept 9, recept 10) van de permanente meststoffendosis worden bij de bereiding gemalen zoals in voorbeeld 1 of op andere wijze. De geschikte korrelgrootte fractie wordt in een homogenizator gemengd met een oplossing van drogende olie in kleurloze spiritus (alcohol?) tot de oplossingsnelheid tot de gewenste waarde gedaald is.

Tabel 2: Voorbeeld van de samenstelling van de permanente meststof:

stikstof-fosfor-kalium in evenwicht met magnesium; stikstof en kalium in evenwicht, de nadruk op stikstof, de nadruk op kalium, stikstof en kalium in evenwicht met fosfaat, stikstof en kalium in evenwicht met magnesium.

Ingrediënten (in %)	Rec.5	Rec.6	Rec.7	Rec.8	Rec.9	Rec.10
Ammoniumnitraat	34,0	45,0	79,3	10,0	45,0	-
Ammoniumsulfaat	-	7,8	-	17,2	-	-
Ureum	-	-	-	-	-	44,4
Diammoniumfosfaat	26,0	-	-	-	10,0	-
Kaliumnitraat	-	35,0	20,7	22,8	26,5	32,6
Kaliumsulfaat	34,0	12,2	-	50,0	18,5	10,5
Magnesiumsulfaat	6,0	-	-	-	-	12,5
N-P ₂ O ₅ -K ₂ O-MgO	17-14-17-2		30-0-9		21-5-21	
		22-0-22		10-0-35		25-0-20

De tijddosis kan zijn:

Voorbeeld 3: Bereiding van de dosis gespreid over de tijd ("time dose")

De ingrediënten (bijvoorbeeld recept 11, recept 12, recept 13, recept 14, recept 15) van "tijd"dosis worden voorzien van een basis omhulling op de manier zoals in de voorbeelden 1 en 2 beschreven is of op een andere wijze. De

korrels, die op deze manier behandeld zijn in een apparaat om oplossingen te maken ("fluidizer") of een roterende trommel met een omhulling die bestaat uit een waterige oplossing of een suspensie. Als belangrijkste bestanddelen hiervan worden vermeld wateroplosbare stoffen of stoffen, die zwellen in water zoals polyvinylalcoholen, polyvinylpyrrolidon, celluloseether, gelatine, polysacchariden, alginaten, enzovoort. Tenslotte wordt de "coating" afgewerkt met een waterbestendige laag die kan bestaan uit stoffen als paraffinen, wassen, calcium en ijzer zepen, met vet omgezette formaldehydecondensaten, siloxanen, enzovoort.

Type en hoeveelheid coating wordt bepaald door het tijdstip dat het regelmatig vrijkomen moet gebeuren.

Tabel 3. Voorbeeld van de samenstelling van de "tijd"-dosis:

stikstof-fosfaat-kalium in evenwicht met magnesium, nadruk op stikstof in combinatie met fosfaat en kalium, stikstof en kalium in evenwicht, nadruk op stikstof met kalium en magnesium, nadruk op kalium.

Ingrediënten (in %)	Rec. 11	Rec. 12	Rec.13	Rec.14	Rec.15
Amminiumnitraat	30,1	55,6	45,0	-	24,7
Ammoniumsulfaat	3,8	11,7	-	-	4,3
Diammoniumfosfaat	3,3	9,0	-	-	-
Monoammoniumfosfaat	17,4	-	-	-	-
Ureum	5,5	-	-	65,4	-
Kaliumsulfaat	33,2	23,7	8,3	-	71,0
Kaliumnitraat	-	-	46,7	22,0	-
Magnesiumsulfaat	-	-	-	12,6	-
Magnesiumfosfaat	3,0	-	-	-	-
Magnesium oxyde	3,8	-	-	-	-
N-P ₂ O ₅ -K ₂ O-MgO verhouding	14-13-16-4	23-5-12	22-0-25	33-0-10-4	10-0-35

Hieronder wordt nog een voorbeeld gegeven:

Componenten: Permanente dosis met een maximaal vrijkomen op de tiende dag, bereid zoals in voorbeeld 2. Tijddosis met maximaal vrijkomen op dag 44, bereid zoals in voorbeeld 3.

Voor de componenten in het mengsel zouden de volgende doses als voorbeeld kunnen dienen:

A. Start-

dosis Recept 4 : 19-10-12-7

B. Permanente

dosis Recept 9 : 21-5-21 (2-4 mm), 94%

+ 6% "coating" met een drogende olie vernis die opgelost is in 50% witte spiritus oplossing en bereid in een apparaat om oplossingen te maken.

C. "Tijd"

dosis Recept 15: 10-0-35 (2-4 mm), 50%

+ 4% basiscoating, een drogende olie vernis opgelost in 50% oplossing van kleurloze spiritus, bereid in een apparaat om oplossingen te maken.

+ 46% gecoate tijddosis, die weer bestaat uit:

45,5% gecoate "tijd"dosis van een 50% waterige dispersie, bereid in een roterende trommel.

De bestanddelen zijn:

- bindmiddel; 3 delen (suiker: PE was = 2 : 1)

- zwelstoffen: 1,5 delen (celluloseether: polyvinylalcohol : zetmeel = 2:1:3)

- "waterproof"1 deel (Ca stearaat)

- "Filler": 1 deel (kieselzuur)

+ 0,5% "finish", droge Fe palmitaat, bereid in een roterende trommel.