CODEN: IBBRAH (9-87) 1-59 (1987)
ISSN 0434-6793

I N S T I T U U T V O O R B O D E M V R U C H T B A A R H E I D

RAPPORT 9-87

TOETSING VAN ENIGE LANGZAAMWERKENDE MESTSTOFFEN OP STIKSTOFWERKING

With a summary: Nitrogen release characteristics of some slow-release fertilizers

door

J. VAN DER BOON

1987
Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Postbus 30003,
9750 RA Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 9-87 (1987) 59 pp

INHOUD

1. Inleiding 3
2. Proefopzet 4
   2.1. De onderzochte meststoffen 4
   2.2. Chemische methoden 4
   2.3. Incubatieproeven 5
   2.4. Percolatieproef 6
   2.5. Potproef met Engels raaigras 7
   2.6. Potproef met Pyracantha 9
3. Resultaten 11
   3.1. Chemisch onderzoek van de meststoffen 11
   3.2. Incubatieproef 12
      3.2.1. Resultaten 1984 12
      3.2.2. Incubatieproef 1985 13
   3.3. Percolatieproef 19
      3.3.1. Resultaten in 1984 19
      3.3.2. Resultaten in 1985 21
   3.4. Potproef met Engels raaigras 23
      3.4.1. Resultaten in 1984 23
      3.4.2. Resultaten in 1985 29
   3.5. Potproef met Pyracantha 35
4. Is er een universele toetsmethode? 42
5. Discussie 51
6. Samenvatting 54
7. Summary 56
8. Literatuur 58

2402(200)
1987

1. INLEIDING

Langzaamwerkende meststoffen worden onder andere bij boomteeltgewassen, geteeld in pot, gebruikt (Van der Boon en Das, 1981). Zij worden bij het bereiden van de potgrond er doorheen gemengd en moeten tijdens het groeiseizoen de meststoffen geleidelijk vrij geven. Dit moet zodanig gebeuren dat op elk moment aan de behoefte van het gewas voldaan wordt.

Het vrijkomen van de meststoffen berust op verschillende principes, zoals langzame afbraak van organische moleculen, diffunderen door een omhulsel heen, en afbraak door bacteriën van een omhulsel. Het vrijkomen wordt door factoren als vocht, temperatuur, pH van de grond beïnvloed, en wel bij de diverse meststoffen op verschillende wijze. Er worden veel voordelen van het gebruik van langzaamwerkende meststoffen genoemd, zoals efficiënt gebruik van de voedingsstoffen, minder uitspoeling, en geen verbranding, maar veel studie is nog nodig om aan te tonen wanneer dit het geval is (Hignett, 1985).

Er zijn verscheidene langzaamwerkende meststoffen in de handel. Er komen steeds weer nieuwe bij. Bij het beoordelen van de meststoffen, onder meer in het kader van de toelating volgens het meststoffenbesluit, is er behoefte aan een methode waarmee zowel de werkingsduur van het produkt snel kan worden bepaald als de hoeveelheid meststof die vrijkomt na toediening van het produkt aan de grond of het substraat. De door de fabrikanten gebruikte methoden voor de bepaling van het vrijkomen van de voedingsstoffen zijn zeer verschillend (Patel and Sharma, 1977). In een eerste aanzet werden enige methoden voor de bepaling van de stikstofwerking onderzocht op hun geschiktheid dit doel te bereiken. Naast twee chemische methoden die berusten op het oplossen van de meststof in warm water, werden een percolatieproef en een incubatieproef uitgevoerd, terwijl het vrijkomen van de stikstof gedurende het groeiseizoen werd vervolgd door een pottenproef met gras. De proeven werden gedurende twee jaar uitgevoerd. In het tweede proefjaar werd bovendien een potproef met Pyracantha uitgevoerd.

2. PROEFOPZET

2.1. De onderzochte meststoffen

In 1984 werden vier langzaamwerkende mengmeststoffen onderzocht naast kalkammonsalpeter als vergelijkende snelwerkende meststof, en in 1985 dezelfde vier en nog vier andere. De gebruikte meststoffen en de door de fabrikant opgegeven samenstelling en werkingsduur zijn vermeld in tabel 1.

TABEL 1. De onderzochte langzaamwerkende meststoffen.
TABLE 1. The slow-release fertilizers investigated.

Naam	Samenstelling	Langzame werking door	Werkingsduur
	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

2.2. Chemische methoden

De meststoffen werden door het RIKILT onderzocht op het gehalte aan nitraat-, ammonium-, ureum-N en totaal-N, en verder het gehalte aan stikstof, onoplosbaar in heet water en koud water om zo de activiteits-index, A.I. (AOAC, 1970), vast te stellen. Ook werd het langzaam vrijkomen bepaald door de meststof aan kokend water toe te voegen en

deze verder onverwarmd tijdens een half uur in een erlenmeyer te laten staan onder langzaam roeren (AOAC, 1975).

2.3. Incubatieproeven

In 1984 werden de vier langzaamwerkende NPK-mengmeststoffen in een incubatieproef ingezet om het vrijkomen van de stikstof in de loop van de tijd te bestuderen. Kalkammonsalpeter werd als referentie mede in de proef opgenomen. De incubatieproef werd bij twee temperaturen uitgevoerd, 10 en 29 ^{o}C. Op 8 tijdstippen werden monsters genomen voor bepaling van in water oplosbare ammonium- en nitraatstikstof en wel na een incubatie van 0, 2, 4, 6, 8, 12, 18 en 24 weken. Voordat de monsters werden geanalyseerd werden gave meststofkorrels zo goed mogelijk verwijderd om zodoende alleen de in de potgrond gediffundeerde stikstof te kunnen bepalen. De meststoffen waren aan een RHP-potgrond toegevoegd naar 0.5 g N per l met een zo min mogelijke beschadiging van de eventueel aanwezige meststofkorrels.

De RHP-potgrond was als volgt samengesteld: 60 vol.% tuinturf en 40 vol.% turfstrooisel, waaraan per m^3 was toegevoegd 50 l zand van de proefboerderij in Haren dat eerst was uitgewassen ter verwijdering van de minerale stikstof, en voorts 6 kg Dolokal en 0.25 kg P_2O_5 als superfosfaat in korrelvorm. Waar kalkammonsalpeter werd gebruikt werd de potgrond bemest met 0.4 kg P_2O_5 en 0.3 kg K_2O per m^3, respectievelijk als superfosfaat in korrelvorm en als niet-opgeloste zwavelzure kali. Bij de andere NPK-mengmestoffen werden P en K tot deze hoeveelheden aangevuld. Ook wat de spoorelementen betreft ontvingen de behandelingen dezelfde hoeveelheden, hetzij uit de mengmeststoffen, hetzij extra toegediend.

De incubatieproef van 1985 was in opzet gelijk aan die van 1984, maar nu met acht in plaats van vier langzaamwerkende meststoffen. De meststoffen werden weer toegediend op basis van het door de firma's opgegeven stikstofgehalte. Bij twee meststoffen kwamen echter afwijkende gehalten voor, waardoor met Azolon te veel werd gegeven - het gehalte aan N bleek 21.9% te zijn in plaats van 15% - en van Triabon te weinig: gerekend was met 16% in plaats van het werkelijke gehalte van 14.2% N.

2.4. Percolatieproef

In 1984 werden vier plastic buizen met een bodem van gesinterd glas als filter gevuld met 6 liter gewassen zand van de proefboerderij. Het zand bevatte weinig humus. Het was vóór het vullen zorgvuldig gemengd met één van de vier in het onderzoek betrokken langzaamwerkende mengmeststoffen. Vergruizing van de korrels werd vermeden. Het zand in de buis werd afgedekt met glasvlies en de buis bedekt met een horlogeglas om verdamping tegen te gaan, maar wel zodanig dat er wat lucht werd doorgelaten. Het zand werd voorzichtig met water verzadigd tot watercapaciteit zonder dat er wat uitlekte. Elke dag werd een hoeveelheid demi-water toegevoegd die gelijk was aan de hoeveelheid water bij watercapaciteit. Op deze wijze zou elke dag alle opgeloste meststof verdreven zijn, althans bij afwezigheid van dispersie. De dagelijks opgevangen hoeveelheid water werd gemeten. De hoeveelheid opgevangen water zou gelijk moeten zijn aan de hoeveelheid bij watercapaciteit in het zand. Was de hoeveelheid minder dan werd de volgende dag iets meer gegeven, of omgekeerd. Gepoogd werd op den duur zoveel water te geven dat de hoeveelheden dagelijks opgevangen lekwater zoveel mogelijk gelijk waren. Er werd 26 dagen gepercoleerd en de proef werd herhaald. Het percolaat van de laatste dagen van de proef werd bijeengevoegd, eerst van twee dagen, tenslotte van vier dagen en wel zodanig dat per buis en meststof 14 hoeveelheden percolaat werden onderzocht op het ammonium- en nitraatgehalte. Om omzettingen te voorkomen voordat de analyses werden uitgevoerd, werd 1 ml tolueen aan het percolaat toegevoegd. De proef werd gedaan in een ruimte met een constante temperatuur van omstreeks 15 ^{o}C. De proef werd pas in september aangevangen om hoge zomertemperaturen te vermijden.

In 1985 werd de percolatieproef op dezelfde wijze uitgevoerd, nu met 8 langzaamwerkende meststoffen, weer op basis van 0.5 g N per 1 met op uniforme wijze gevulde buizen. De proef duurde eveneens 26 dagen, maar na de 4e dag werden de dagelijks opgevangen hoeveelheden lekwater al samengevoegd over meerdere dagen, zodat uiteindelijk 10 monsters per buis en meststof overbleven voor bepaling van ammonium en nitraat. Ook werd voor twee meststoffen, Azolon en met zwavel omhulde ureum, het gehalte aan ureum-N van het lekwater bepaald.

2.5. Potproef met Engels raaigras

Om te bepalen hoeveel stikstof vrij kan komen in een groeiseizoen werd in 1984 en 1985 een potproef uitgevoerd met Engels raaigras. Van dit gewas wordt verondersteld dat het door groeikracht en intensieve bewortéling in staat is regelmatig over het groeiseizoen de vrijkomende stikstof voor het grootste deel op te nemen. Dit beeld wordt mogelijkerwijze wel verstoord door het periodiek maaien, waarna de wortels tijdelijk op een lager niveau functioneren. Ook zal de groei aan het eind van de zomer door de minder gunstige lichtomstandigheden afnemen.

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 g 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, en
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 g N per pot als basisgift door de potgrond gemengd bij de aanvang van de proef.

De potgrond was samengesteld zoals beschreven in par. 2.3. De werking van het fosfaat en de kali in de langzaamwerkende mengmeststoffen werd daarbij gesteld op 75%. De meststoffen met de hoofdvoedingsstoffen werden in vaste vorm toegediend bij de bereiding van de potgrond. Om mogelijke groeiremming door een tekort te vermijden werd ook periodiek bijbemest met fosfaat en kali naar 0.25 g zuivere meststof (oxide) per pot. Deze bijbemestingen hadden plaats na de 2e, 5e en 7e snede.

Op 22 maart werd het Engels raaigras gezaaid, 0.25 g zaad per pot in een kiemlaag bestaande uit het zand/veenmengsel met alleen Dolokal en superfosfaat. De potten waren tegen verdamping en verslemping afgedekt met 400 cm^3 Alkathene korrels.

De groeivoorwaarden voor het gras werden zo gunstig mogelijk gehouden. De proef werd gestart in een vaste kas en daar ook beëindigd, terwijl de potten tijdens de zomermaanden waren opgesteld in een rolkas. Het gras groeide sneller en langer door dan normaal in het veld door de gunstige temperatuur- en vochtomstandigheden. Het gevolg daarvan was dat niet zesmaal werd gemaaid maar tienmaal, de laatste keer op 5 november. Het gras werd gemaaid als het gras in de potten bemest naar 1.5 g N per pot met de gedeelde kalkammonsalpetergift of in andere potten met adequate

bemesting en goede grasgroei 15 cm hoog was. Het aantal sneden was in 1984 dus onderschat. Doordat na iedere snede werd bijbemest, ook na de 6e snede, liepen de toegediende stikstofhoeveelheden voor de gedeelde kalkammonsalperbemesting op tot 0, 0.7, 1.4, 2.1 en 2.8 g N. De bijbemesting na de 6e snede werd toch voortgezet om de in het groeiseizoen maximale produktie te verkrijgen. Aangezien met de langzaamwerkende mengmeststoffen werd beoogd de behoefte in het seizoen aan voedingsstoffen geheel te dekken kwamen op deze wijze eventuele verschillen in stikstoflevering tussen de onderzochte meststoffen scherper naar voren.

Na iedere grassnede werd het vers- en drooggewicht van het geoogste materiaal bepaald. Aan het einde van de proef werd per behandeling het stikstofgehalte bepaald in het uit tien sneden samengevoegde gedroogde grasmateriaal om de totale stikstofopname door het gras te kunnen berekenen. Ook werden de potten aan het eind van de proef bemonsterd met 5 steken per pot ter bepaling van de hoeveelheid in water oplosbare stikstof in de vorm van ammonium en nitraat.

De proef in 1985 was qua opzet gelijk aan die van 1984, maar nu waren er acht langzaamwerkende mengmeststoffen in het onderzoek betrokken. De proef omvatte 58 behandelingen in drievoud, met 174 plastic potten van 6 liter. Gezien de ervaring in 1984 was bij de verdeling van de kalkammonsalpeter over de bijbemestingen gerekend op tien toedieningen.

De potgrond was weer op dezelfde wijze samengesteld. In een voorproefje werd de hoeveelheid Dolokal 5 bepaald, die nodig was om de pH-H_2O op 5.8 te brengen; dit was 5 kg/m^3. Aan superfosfaat werd 0.6 kg/m^3 in korrelvorm gegeven. De voedingsstoffen werden, voor zover de langzaamwerkende mengmeststoffen deze niet bevatten en afgezien van de algemene gift aan superfosfaat bij de bereiding van de potgrond, aangevuld tot 0.4 g P_2O_5, 0.3 g K_2O en 0.1 g MgO per 1. De werkingscoëfficiënt voor P en K in de langzaamwerkende mengmeststoffen werd weer op 75% gesteld. Ook de spoorelementen werden zo nodig op een voldoende niveau gebracht. Alle N-, P- en K-meststoffen werden in korrel- of poedervorm, zoals ze door de firma's waren geleverd, door de potgrond gemengd.

Op 24 april 1985 werd 0.25 g zaad van Engels raaigras per pot gezaaid in een kiemlaag van 400 g, welke bestond uit een zand/veenmengsel waaraan Dolokal en superfosfaat waren toegevoegd. De potten werden weer afgedekt met 400 cm^3 Alkathenekorrels. Het gras werd gemaaid als het op de best groeiende behandelingen 15 cm lang was. De eerste maal werd het gras afgesneden op 3 juni en de laatste maal op 6 november. Het aantal sneden bedroeg acht. Er werd na iedere snede op de daarvoor bestemde

potten kalkammonsalpeter bijbemest. Doordat in totaal acht sneden werden geoogst in plaats van de veronderstelde tien sneden werden de voor de bijbemesting geplande stikstofhoeveelheden in de vorm van kalkammonsalpeter niet gegeven. De werkelijk toegediende stikstofhoeveelheden voor de kalkammonsalpeter als basis- en bijbemesting bedroegen: 0, 0.38, 0.76, 1.14 en 1.52 g N per pot. Driemaal in het seizoen werd ook bijbemest met P en K naar 0.25 g zuivere meststof per pot. Aan het eind van de proef werd de potgrond bemonsterd voor bepaling van ammonium- en nitraatstikstof en van pH-KCl. Het gemaaide gras werd gedroogd en dat van de 1e tot en met de 4e snede samengevoegd voor bepaling van totaalstikstof, evenals het materiaal van de 5e tot en met 8e snede. Op deze wijze werd voor twee perioden in het groeiseizoen nagegaan wat het gras aan stikstof had opgenomen en getransporteerd naar de bovengrondse delen.

2.6. Potproef met Pyracantha

In 1985 werd de werking van de acht langzaamwerkende meststoffen op de groei van Pyracantha 'Orange Glow' onderzocht. De proef omvatte 58 behandelingen in drievoud, totaal 174 veldjes. Een veldje bestond uit acht 11-cm potten op een rij waarvan de buitenste niet werden meegenomen in de proefgegevens. De behandelingen waren combinaties van:

a) 5 PG-mix-trappen, 14+16+18 met spoorelementen, als basisgift door de potgrond gemengd naar 0, 0.375, 0.75, 1.5 en 2.25 kg/m^3,
b) dezelfde PG-mix-trappen gecombineerd met een wekelijkse bijbemesting met Kristalon-blauw 17+6+18 naar 20 g/m^2; en
c) de acht in het onderzoek van 1985 betrokken langzaamwerkende mengmeststoffen naar 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 en 2.4 g N per 1.

De potgrond bestond uit een potgrondmengsel van 60 vol% tuinturf en 40 vol% turfstrooisel, waaraan per m^3 50 1 uitgewassen zand van de proefboerderij was toegevoegd met 0.6 kg superfosfaat in korrelvorm. Aan de hand van een voorproefje werd zoveel Dolokal 5 in het mengsel gedaan dat de pH-H_2O op 5.8 uitkwam. De langzaamwerkende mengmeststoffen werden in korrelvorm of poedervorm, zoals ze zijn gefabriceerd, zo kort mogelijk voor het planten van de Pyracantha op 7 mei door de grond gemengd. Voor zover de NPK-mengmeststoffen niet voldoende bevatten en afgezien van het fosfaat bij het bereiden van de potgrond werden de voedingsstoffen in de basisbemesting aangevuld tot 0.4 g P_2O_5, 0.3 g K_2O en 0.1 g MgO per 1. De werkingcoëfficiënt voor P en K in de langzaamwerkende meststoffen was

daarbij op 75% gesteld. Ook spoorelementen werden gegeven tot een voor de gewasgroei voldoende niveau voor zover ze niet in de te onderzoeken mengmeststoffen aanwezig waren.

Nadat de planten goed waren aangeslagen werd op 18 juni voor het eerst bijbemest en de laatste maal op 12 september, in totaal 13 maal. De hoeveelheid per liter gegeven stikstofmeststof liep in de PG-mix-trappen uiteen van 0 - 0.315 g en bij bijbemesting van 0.494 - 0.809 g. De groei werd gevolgd door meting van de "gemiddelde" plant per veldje. Per maand werden plantmassa en bladkleur beoordeeld. Tweemaal werd de grond onderzocht volgens de methode van het Proefstation voor de Glastuinbouw in Naalwijk in het 1:1½ volume-extract. Op 24 oktober werd het bovengrondse gewas geoogst, gewogen en verknipt voor bepaling van stikstof.

3. RESULTATEN

3.1. Chemisch onderzoek van de meststoffen

De resultaten van het chemisch onderzoek van de diverse soorten en oplosbaarheden van stikstof staan vermeld in tabel 2.

TABEL 2. Stikstofvormen en -oplosbaarheden in langzaamwerkende mengmeststoffen.
TABLE 2. Nitrogen form and solubility in slow-release fertilizers.

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 met zwavel omhulde ureum geheel in oplossing.

Zoals reeds vermeld weken de stikstofgehalten van Azolon in 1985 en van Triabon af van wat door de fabrikant was opgegeven; Azolon bevatte veel meer en Triabon wat minder. De A.I., de activiteitsindex, is het verschil van in koud water onoplosbare en in warm water onoplosbare

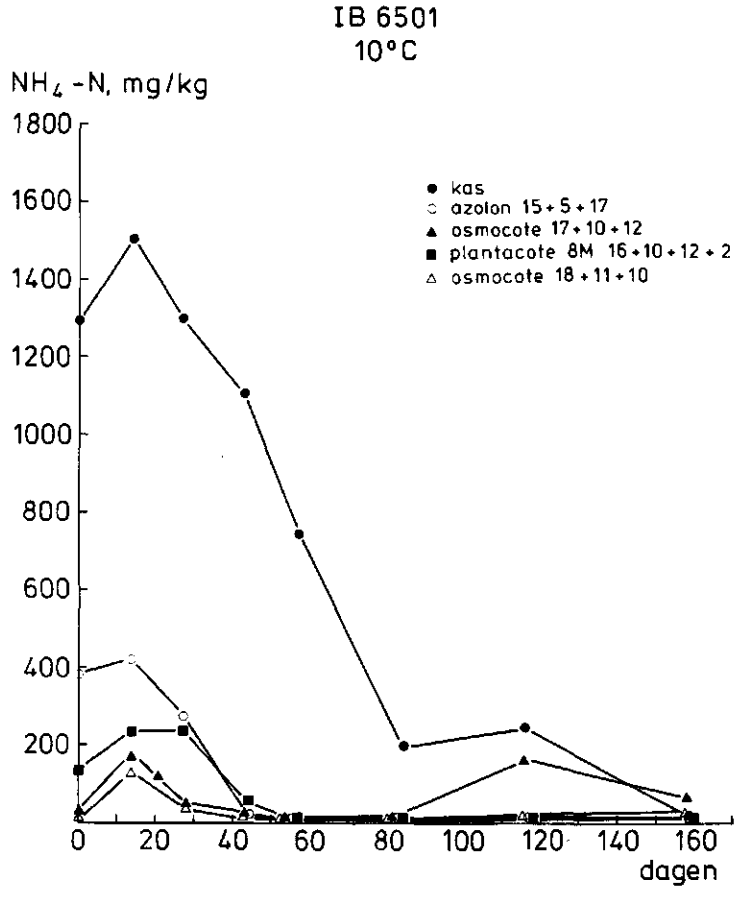
stikstof, gedeeld door de in koud water onoplosbare stikstof. Het zou een maat zijn voor het deel dat langzaam vrijkomt. De A.I. is zeer geschikt voor ureumcondensaten (Verstraeten, 1973). De index zou groter moeten zijn dan 40 voor een redelijk langzame werking. Plantacote in 1984 voldeed niet aan dit criterium. Volgens Juergens-Gschwind (1974) werkt bij ureumformaldehyde de in koud water oplosbare stikstof als ammoniumnitraat. De in heet water onoplosbare stikstof geeft zeer weinig stikstof vrij. De Haan en Werkhoven (1975) vonden de in koud water oplosbare stikstof de beste maat voor de vrijkomende stikstof, die in totaal maar 4% hoger lag. De A.I. werkt niet bij Floranid en Triabon, hoewel dit ook ureumcondensaten zijn. De A.I. is voor Azolon hoger dan voor Plantacote. Bij de chemische bepaling van langzaam vrijkomende stikstof was de volgorde Floranid, Triabon, Azolon en Plantacote. Van de drie soorten Osmocote was 14+14+14,werkingsduur 3-4 maanden, volgens de laatste maatstaf vergelijkbaar met Plantacote in 1985. De twee andere Osmocote-meststoffen met langere werkingsduur gaven een hogere uitkomst. De oplosbaarheid van met zwavel omhulde ureum in geleidelijk afkoelend water blijkt het laagst te zijn.

3.2. Incubatieproef

3.2.1. Resultaten 1984

Tijdens de incubatie daalde het gehalte aan ammoniumstikstof en steeg dat aan nitraatstikstof (figuren 1 en 2). Het vrijkomen van de stikstof in wateroplosbare vorm verliep bij 29 °C veel sneller dan bij 10 °C. Na 120-158 dagen bestond dit verschil nog (figuren 3 en 4). De door de fabrikant opgegeven werkingsduur voor Osmocote is afgeleid van de hoeveelheid die vrijkomt bij 21 °C. Elke 5 ° C lager of hoger betekent 25% verschil in snelheid van vrijkomen (Rutten, 1980). Volgens Oertli en Lunt (1962) deed een toename van de temperatuur, van 10 naar 20 °C (in een uitspoelingsproef) de in het begin vrijkomende stikstof verdubbelen. Dit zou niet alleen het gevolg zijn van versnelde diffusie, maar ook van vergroting van poriën in het membraan. Het lijkt erop dat bij 29 °C op den duur weer stikstof verdwijnt waar kalkammonsalpeter is gebruikt, mogelijk door denitrificatie. Dit werd ook voor de stikstof uit de langzaamwerkende meststoffen geconstateerd bij de laatste waarneming, 158 dagen na het inzetten van de proef.

Met Azolon was bij de aanvang van de proef met 10 °C de meeste beschikbare stikstof aanwezig, dan volgde Plantacote, dat een mengsel is



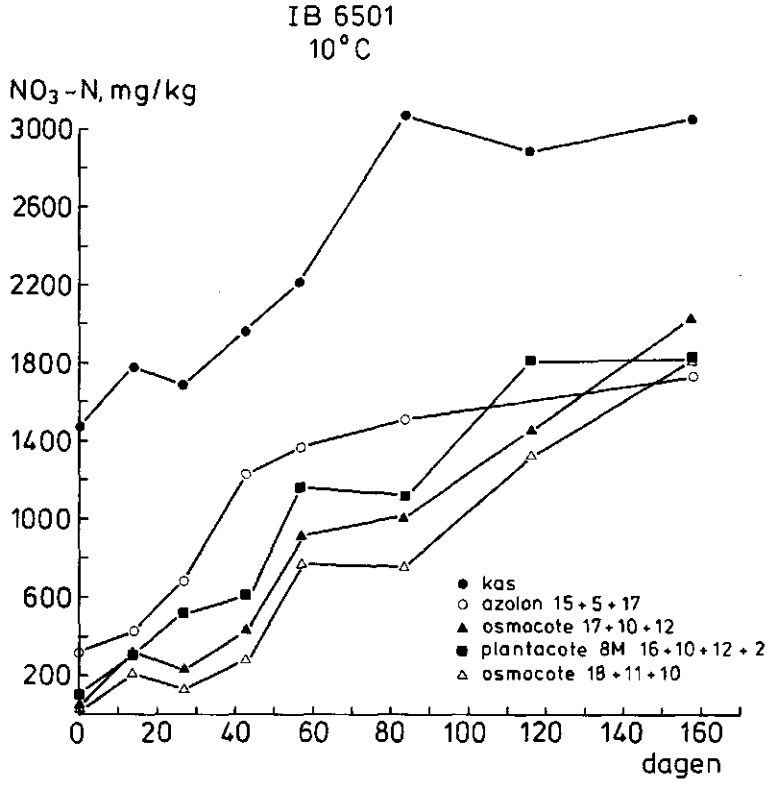
Figuur 1. Bij 10 °C vrijgekomen ammoniumstikstof uit vier langzaamwerkende meststoffen bij incubatie (1984).

Figure 1. Ammonium nitrogen released from four slow-release fertilizers during incubation at 10 °C (1984).

van snel- en langzaamwerkende meststoffen (tabel 3). Bij verdere voortgang van de proef verliep het vrijkomen van stikstof uit Azolon het langzaamst en uit deze meststof kwam uiteindelijk de kleinste hoeveelheid stikstof vrij. De verschillen in het vrijkomen van de stikstof uit de twee soorten Osmocote zijn gering, al was overeenkomstig de opgave van de fabrikant de ene soort wat sneller dan de andere.

3.2.2. Incubatieproef 1985

Tijdens de incubatie bij 10 °C begon na ca. 60 dagen het NH_4-N-gehalte van de grond voor alle meststoffen snel te dalen. Voordien was vooral bij S-omhulde ureum (Gold N) het ammoniumgehalte sterk gestegen (figuur 5). Merkwaardig was dat bij de incubatie bij 29 °C er aanvankelijk geen duidelijke afname van het ammoniumgehalte optrad. Ook nam het nitraatgehalte niet sterk toe zoals bij de incubatie bij 10 °C (figuur 6). Het



Figuur 2. Bij 10 °C vrijgekomen nitraatstikstof uit vier langzaamwerkende meststoffen bij incubatie (1984).

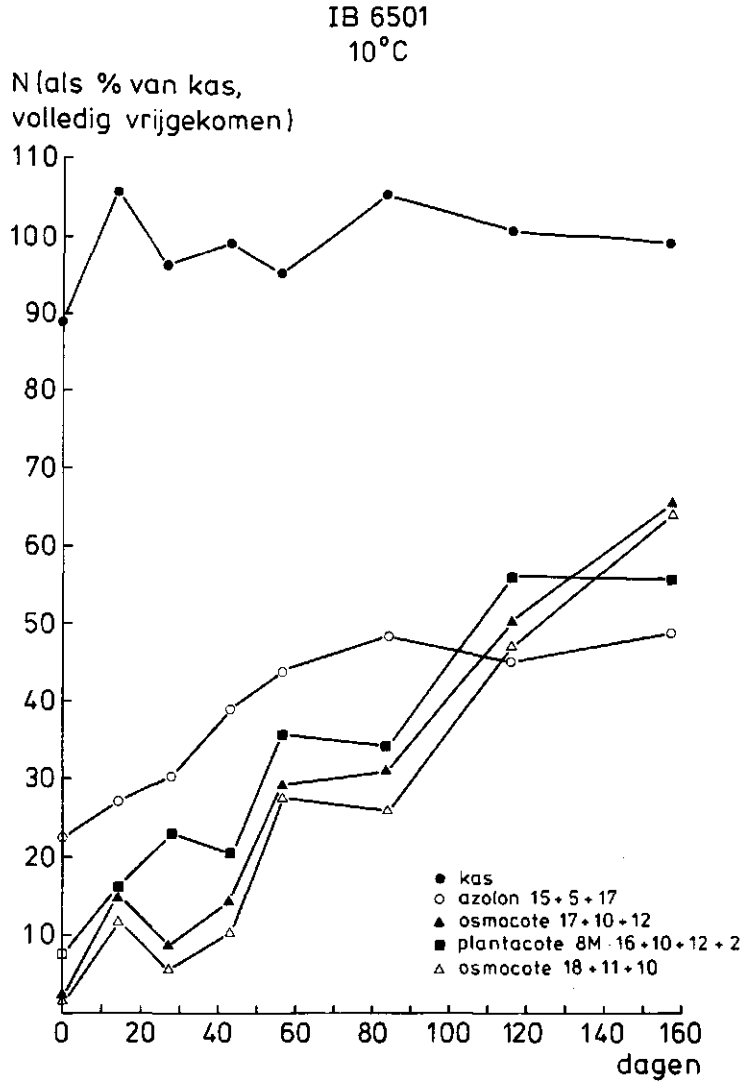
Figure 2. Nitrate nitrogen released from four slow-release fertilizers during incubation at 10 °C (1984).

TABEL 3. Vrijkomen van stikstof uit vier langzaamwerkende NPK-meng-meststoffen in de incubatieproef van 1984.

TABLE 3. N release from four slow-release NPK-compound fertilizers in an incubation trial in 1984.

Meststof		Vrijgekomen minerale stikstof, als % van die uit kalkammonsalpeter					
		10 °C			29 °C		
		27	57	116	27	57	116 dagen
Azolon	15+5+17	30	44	45	48	60	69
Osmocote	17+10+12	9	29	50	25	40	92
Plantacote 8M	16+10+12+2	23	36	56	9	76	93
Osmocote	18+11+10	6	28	47	44	42	80

lijkt erop dat de nitrificatie is geremd door overmaat aan vocht en gebrek aan zuurstof, wat bij de hogere temperatuur eerder tot uiting komt.

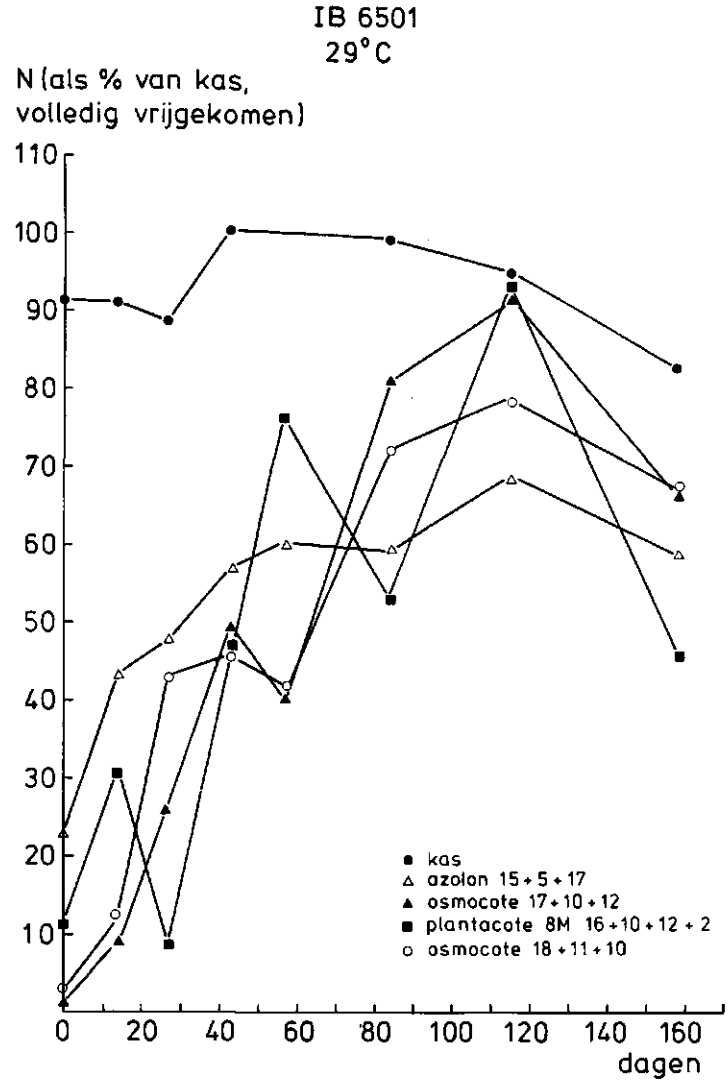


Figuur 3. Vrijgekomen stikstof bij 10 °C uit vier langzaamwerkende meststoffen bij incubatie, als percentage van minerale stikstof uit kalkammonsalpeter (1984).

Figure 3. Mineral nitrogen released from four slow-release fertilizers during incubation at 10 °C, as a percentage of nitrogen from ammonium nitrate limestone (1984).

Het kan ook zijn dat bij 29 °C de ammoniakdruk in de bodemoplossing te hoog werd met als gevolg remming van de nitrificatie. Daling van het ammoniumgehalte bij 29 °C trad pas duidelijk op vanaf de 126ste dag, behalve voor twee Osmocotesoorten.

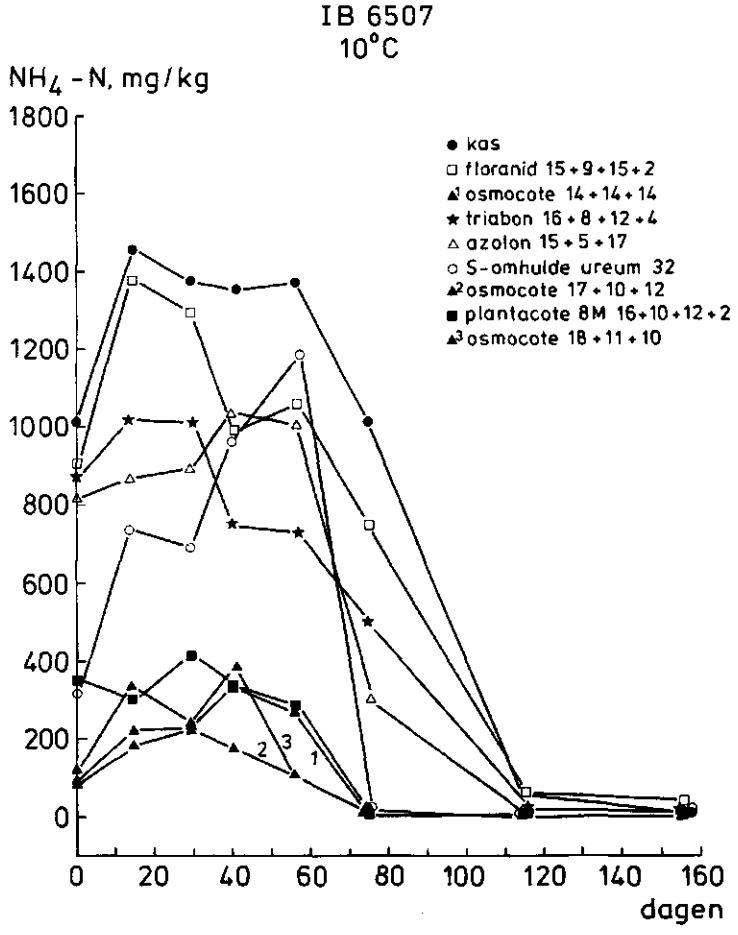
Uit de hoeveelheid totaal beschikbare stikstof blijkt dat, vermoedelijk door denitrificatie, stikstof verloren is gegaan, o.a. stikstof uit de kalkammonsalpeter. Dit was ook in de proef van 1984 het geval bij de temperatuur van 29 °C.



Figuur 4. Stikstof vrijgekomen bij 29 °C uit vier langzaamwerkende meststoffen bij incubatie, als percentage van minerale stikstof uit kalkammonsalpeter (1984).

Figure 4. Mineral nitrogen released from four slow-release fertilizers during incubation at 29 °C, as a percentage of nitrogen from ammonium nitrate limestone (1984).

Als de totale hoeveelheden in water oplosbare stikstof worden vergeleken, dan blijkt bij 29 °C duidelijk meer te zijn vrijgekomen dan bij 10 °C (tabel 4). Van de drie Osmocote-meststoffen is de snelheid van vrijkomen op de langere termijn in de volgorde zoals die bij het maken van de meststoffen was bedoeld. Bij incubatie bij 10 °C kwam de stikstof in Azolon, werkingsduur 4-5 maanden, langzamer vrij dan de stikstof in andere meststoffen van dezelfde werkingsduur. Floranid met 3 maanden werkingsduur leverde aanzienlijk meer stikstof dan Osmocote 14+14+14, 3-4 maanden, zowel bij 10 °C als bij 29 °C. In het begin van de incubatie leverde Triabon, 4 maanden, meer stikstof dan Osmocote 14+14+14,

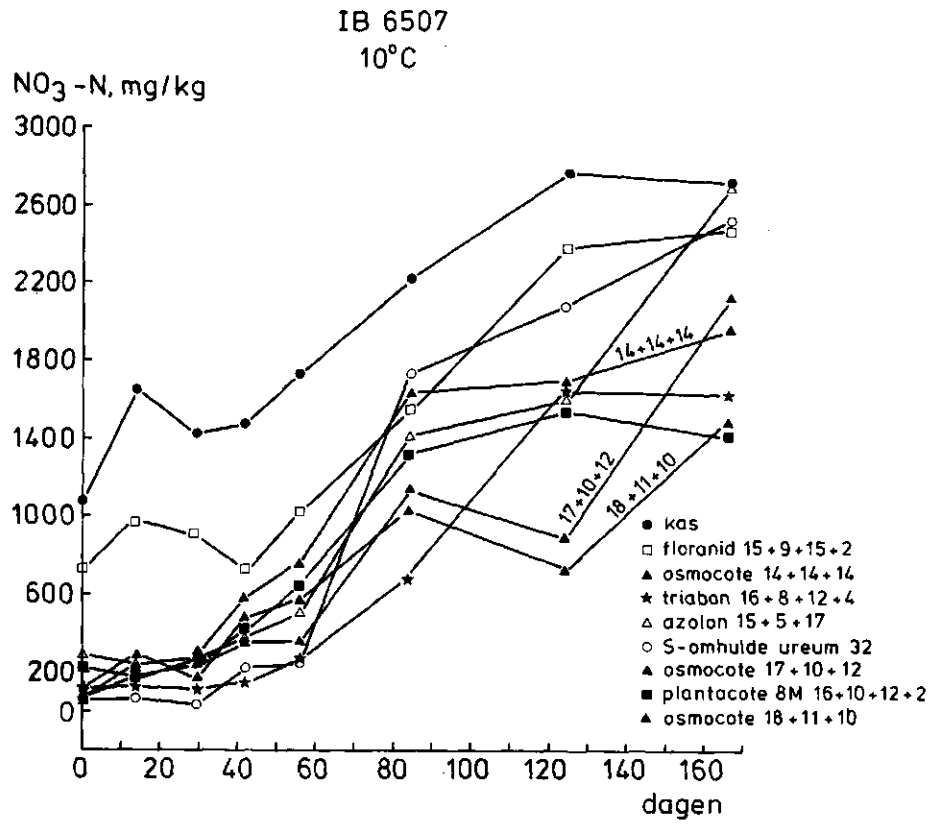


Figuur 5. Bij 10 °C vrijgekomen ammoniumstikstof uit acht langzaamwerkende meststoffen bij incubatie (1985).

Figure 5. Ammonium nitrogen, released from eight slow-release fertilizers during incubation at 10 °C (1985).

3-4 maanden. Later kwamen de vrijgekomen hoeveelheden stikstof meer overeen. Met zwavel omhulde ureum was in verhouding een vrij snel werkende stikstofmeststof. Na 126 dagen zou alle stikstof vrijgekomen moeten zijn uit de meststoffen, die volgens opgave 3-4 maanden werken. Dit was zeker niet zo bij 10 °C; Osmocote 14+14+14 bijvoorbeeld had toen iets meer dan de helft geleverd. Ook bij de hogere incubatietemperatuur waren de meststoffen nog niet uitgewerkt, behalve Floranid dat 93% van de stikstof had afgegeven. Triabon leek bij het vrijgeven van stikstof weinig temperatuur-afhankelijk. Floranid leverde na 29 dagen bij 10 °C al 75% van de stikstof.

Bovenstaande resultaten stemmen niet overeen met het onderzoek van Bakker (1970), die vond dat nitraform, een ureumformaldehyde-condensaat, meer en sneller mineraliseerde dan crotonaldehyde-condensaten. Het kan zijn dat intussen het fabrieksprocede is gewijzigd. Er zijn tamelijk



Figuur 6. Bij 10 °C vrijgekomen nitraatstikstof uit acht langzaamwerkende meststoffen bij incubatie (1985).

Figure 6. Nitrate nitrogen released from eight slow-release fertilizers during incubation at 10 °C (1985).

grote verschillen tussen de diverse langzaamwerkende meststoffen op basis van condensatie van ureum met aldehyde. Bovendien wordt het vrijkomen van stikstof niet op dezelfde wijze beïnvloed door variatie in pH en vochtgehalte van de incubatiegrond (De Haan en Werkhoven, 1975). Zwavel-omhulde ureum gaf traag stikstof af in veenhoudende potgrond (Prasad and Gallagher, 1972).

In de incubatieproeven verliepen de lijnen die de vrijgekomen stikstofgehalten verbinden vrij onregelmatig. De stikstofbepalingen waren slechts in enkelvoud uitgevoerd met 180 g potgrond als eenheid. Ook het al of niet met succes verwijderen van nog niet geheel opgeloste meststofkorrels vooraf aan de analyse op de stikstof zal tot de onregelmatigheid hebben bijgedragen.

TABEL 4. Vrijgekomen stikstof uit acht langzaamwerkende meststoffen in de incubatieproef van 1985.
TABLE 4. N release from eight slow-release fertilizers in an incubation trial of 1985.

Meststof		Vrijgekomen minerale stikstof als % van die uit kalkammonsalpeter					
		10 °C			29 °C		
		29	56	126	29	56	126 dagen
Floranid permanent							
	15+9+15+2	74.7	69.5	83.1	84.7	83.2	93.3
Osmocote	14+14+14	16.5	28.2	54.4	30.1	73.0	78.6
Triabon	16+8+12+4	41.7	36.0	61.2	41.7	65.8	52.7
Azolon	15+5+17	26.6	34.0	36.4	51.8	63.8	79.3
S-omhulde ureum							
	32	25.5	49.6	71.3	41.4	83.9	76.2
Osmocote	17+10+12	15.0	14.8	29.6	34.7	31.4	46.1
Plantacote 8M							
	16+10+12+2	20.6	27.7	48.9	44.3	46.1	70.6
Osmocote	18+11+10	13.7	28.1	24.3	27.4	53.0	81.2

3.3. Percolatieproef

3.3.1. Resultaten in 1984

Het percoleren verliep niet zo smetteloos als gewenst. Enkele buizen liepen slecht door. Bij alle buizen, zowel in herhaling 1 als in herhaling 2, liepen de hoeveelheden lekwater op den duur terug. In de tweede herhaling was, om het doorspoelen te verbeteren, voor het vullen eerst 10 cm glaszand aangebracht.

Tussen de hoeveelheden uitgespoelde stikstof van de twee herhalingen kwamen voor de diverse meststoffen aanzienlijke verschillen voor. In de tweede herhaling lagen de hoeveelheden uitgelekte stikstof aanzienlijk hoger. Bij Azolon werd in het lekwater van de eerste dag al meer ammonium en nitraat gevonden dan de toegediende hoeveelheid meststof bevatte. Het lijkt echter onwaarschijnlijk dat de organische stikstofverbindingen al zo snel zijn afgebroken, wat tot deze hogere gehalten aan minerale stikstof geleid zou hebben. Bij de berekening van de gemiddelde uitspoeling is dan ook voor Azolon de tweede herhaling buiten beschouwing gelaten (tabel 5).

TABEL 5. Gemiddelde hoeveelheid uitgelekte ammonium- en nitraatstikstof in de percolatieproef van 1984.

TABLE 5. Mean amount of ammonium and nitrate nitrogen leached out in a percolation experiment in 1984.

Meststof	Uitspoeling na					
	1	2	4	8	14	26 dagen
	% van de NH_4-N					
Azolon 15+5+17	1.9	3.6	7.7	8.2	8.8	9.6
Osmocote 17+10+12	0.5	1.8	3.3	5.3	7.2	9.9
Plantacote 8M 16+10+12+2	4.1	6.3	7.9	9.6	11.7	16.7
Osmocote 18+11+10	0.5	1.4	2.6	4.2	5.5	8.5
	% van NO_3-N					
Azolon 15+5+17	10.0	17.1	31.4	31.5	31.7	33.3
Osmocote 17+10+12	7.3	13.3	17.6	21.4	25.2	33.2
Plantacote 8M 16+10+12+2	10.3	15.0	17.4	18.2	20.3	27.5
Osmocote 18+11+10	8.2	12.7	16.3	18.2	20.4	25.2
	% van totaal N					
Azolon 15+5+17	1.1	1.9	3.7	3.8	3.8	4.1
Osmocote 17+10+12	3.4	6.6	9.3	12.1	14.8	19.7
Plantacote 8M 16+10+12+2	5.1	7.5	19.0	10.0	11.5	15.9
Osmocote 18+11+10	3.7	6.1	8.2	9.9	11.7	15.4

Uit Azalon kwam de eerste 3 dagen veel stikstof vrij, daarna vertoonden de vrijgekomen hoeveelheden ammonium-, nitraat- en totaal-stikstof slechts een geringe stijging. Van de in de meststoffen aanwezige nitraatstikstof kwam bij Azolon de eerste dagen het meeste vrij, maar van de totale stikstofhoeveelheid in de meststoffen uiteindelijk bij die meststof het minste in vergelijking met de drie andere. In de percolatieproef bleven gedurende 26 dagen de organische stikstofverbindingen in Azolon blijkbaar onaangetast. Naar uitgespoelde nitraatstikstof berekend volgden na Azolon Osmocote 17+10+12, volgens opgave 5-6 maanden werkzaam, dan Plantacote 8M 16+10+12+2, 8-9 maanden werkzaam, en tenslotte Osmocote 18+11+10, 8-9 maanden werkzaam. Van de gegeven ammoniumhoeveelheid spoelde uit Plantacote het meeste uit en uit Osmocote 18+11+10 het minste. De volgorde van toenemend vrijkomen van de totale stikstofhoeveelheid in de meststoffen is Azolon, ver achterblijvend, Osmocote 18+11+10, iets minder dan Plantacote, en tenslotte Osmocote 17+10+12. Het geheel uitblijven van bacteriële activiteit of het onvoldoende op gang komen van bacteriële activiteit zou een verklaring kunnen zijn van de geringe uitspoeling uit Azolon. Bij Osmocote zal percolatie de diffusie vanuit de meststofkorrels bevorderd hebben

doordat de concentratie van de voedingsstoffen rondom de korrels voortdurend werd verlaagd.

3.3.2. Resultaten in 1985

In de eerste herhaling waren er weer moeilijkheden met het doorlopen van de vloeistof door de kolommen zand. Twee buizen moesten zelfs leeggehaald worden en het filter schoongemaakt. In de tweede herhaling vertoonde het doorlopen van het water in de 8 buizen een vrij regelmatig patroon. De eerste percolaten van sommige meststoffen bevatten veel meer ammonium-N en nitraat-N dan met de meststoffen was toegediend. De betreffende meststoffen waren Triabon, Floranid, Azolon en vooral met zwavel omhulde ureum. Het zijn alle meststoffen die ureum bevatten, maar Plantacote zou ook in dit rijtje passen. Uit het voorgaande zou volgen dat de omzetting van ureum onder de proefomstandigheden bij circa 15 ^{o}C snel verloopt. Voor ureum naar ammoniumstikstof is dit wel verklaarbaar, voor de volgende stap van ammonium naar nitraat minder aannemelijk. Bij twee meststoffen werd ook de doorgelopen hoeveelheid ureum-stikstof bepaald. Bij Azolon liep van de 0^{e} tot en met de 26^{e} dag die hoeveelheid op van 31 naar 51% van de gegeven ureum, maar bij zwavel-omhulde ureum was dat slechts 0.5 tot 0.9%. In het laatste geval werd de ureumstikstof praktisch geheel in ammonium- en nitraatstikstof omgezet. Tabel 6 geeft weer, hoeveel stikstof uit de meststoffen vrijkwam gedurende de percolatie.

TABEL 6. Tijdens percolatie in de proef van 1985 vrijgekomen ammonium- en nitraatstikstof als percentage van in de meststof aanwezige totale stikstof.

Table 6. Amount of ammonium and nitrate nitrogen leached out during percolation as a percentage of total nitrogen present in the fertilizer applied (experiment in 1985).

Meststof	Uitgespoeld na					
	1	2	4	8	15	26 dagen
Floranid perm. 15+9+15+2	66.5	69.3	71.8	75.2	79.7	82.2
Osmocote 14+14+14	9.6	11.3	13.6	17.3	23.6	33.5
Triabon 16+8+12+4	41.3	43.1	44.5	46.7	49.2	51.9
Azolon 15+5+17	23.7	27.0	27.9	28.8	29.5	30.2
S-omhulde ureum 32	10.5	11.5	13.0	15.9	19.0	22.5
Osmocote 17+10+12	11.2	12.3	13.9	16.5	19.9	24.3
Plantacote 8M 16+10+12+2	16.4	18.3	20.3	23.1	26.1	29.4
Osmocote 18+11+10	9.5	11.3	13.4	16.1	19.2	23.0

Van de totale hoeveelheid gegeven stikstof in de meststof spoelde van Floranid-permanent 15+9+15+2 de meeste stikstof uit, tot 82% toe (tabel 6). Daarop volgde Triabon 16+8+12+4 met 52%. De andere langzaamwerkende mengmeststoffen gaven in de periode van 26 dagen 23-34% van de stikstof vrij. Het verloop van het vrijkomen bij Azolon was gelijk aan dat van de vorige percolatieproef. In een paar dagen kwam het meeste vrij, daarna was het vrijkomen gering en volgde een min of meer vlak verlopende curve. Onder de proefomstandigheden had blijkbaar geen verdere bacteriële afbraak plaats, mogelijk door het ontbreken van bepaalde bacteriën of door de afwezigheid van zuurstof in het volledig met water verzadigde zand. Savant et al. (1982) gebruikten een dergelijke methode met een constant waterniveau van 2-4 cm bovenop de grond om de gereduceerde omstandigheden in natte rijstbouw na te bootsen. Uit Osmocote 14+14+14 nam met de tijd de hoeveelheid doorgelopen stikstof in dezelfde mate toe. Ook bij de drie andere meststoffen die het minste stikstof vrijgaven, Osmocote 17+10+12, Osmocote 18+11+10 en met zwavel omhulde ureum, nam tot het einde van de percolatieperiode van 26 dagen de hoeveelheid vrijkomende stikstof nog duidelijk toe. Bij verder voortzetten van het percoleren moet met deze meststoffen nog aanzienlijk meer stikstof uit te spoelen zijn.

Als de resultaten die met de vier langzaamwerkende meststoffen in 1984 werden verkregen worden vergeleken met die in 1985, dan zijn de verschillen ongewenst groot. In 1985 werd veel meer stikstof uitgespoeld. Azolon bleef sterk achter in 1984, maar stond van de vier in beide jaren gebruikte meststoffen in 1985 bovenaan. Tussen Osmocote 18+10+10 en 17+10+12, respectievelijk 8-9 maanden en 5-6 maanden werkzaam, was het verschil in uitgespoelde stikstof in de 26 dagen percoleren in beide jaren vrij gering.

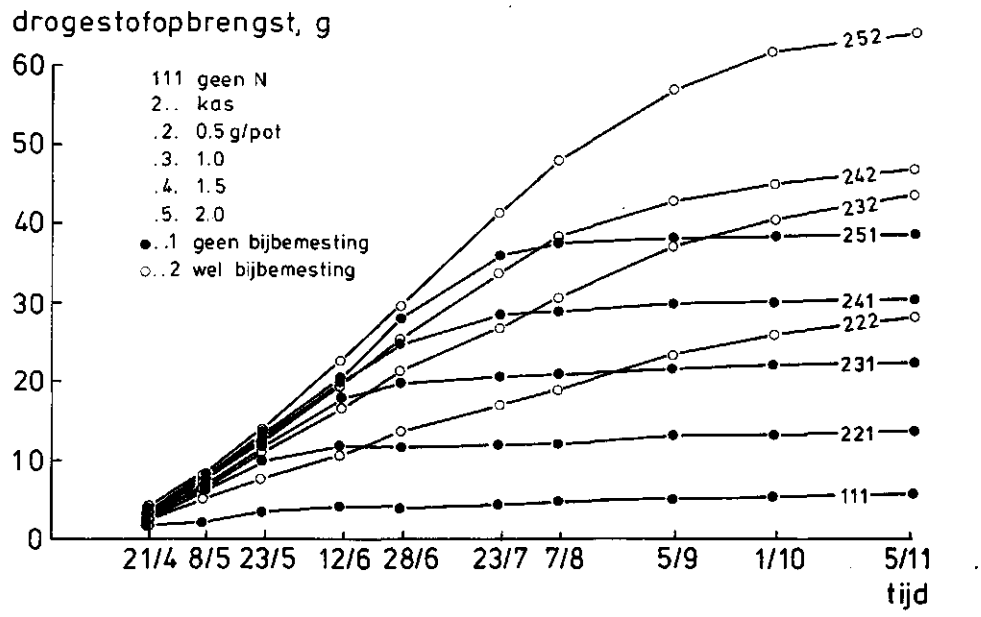
De wisselende resultaten met Osmocote en Plantacote 8 M, Azolon daarbij buiten beschouwing gelaten, geven aan dat het toetsen van langzaamwerkende meststoffen via percolatie alleen vergelijkenderwijze met meerdere meststoffen tegelijk kan gebeuren. Vrijkomen en uitspoelen worden ook bepaald door de soort potgrond (Goh, 1979) en het maakt verschil uit of de meststof is doorgewerkt of bovenop de grond is geplaatst. In het laatste geval was de afgifte van gecoate meststof vertraagd, waarschijnlijk een gevolg van uitdrogen in de perioden tussen het watergeven (Lunt

and Oertli, 1962). Ook de temperatuur is van belang (Oertli and Lunt, 1962). Bij 70 °F was de afgifte van N, P en K uit drie Osmocotemeststoffen lineair met de tijd, bij verhoging van temperatuur nam de afgiftesnelheid toe (Tamimi **et al.**, 1983). De percolatiemethode zou dus moeten worden gestandaardiseerd. Aan de technische uitvoering moet zorg worden besteed. Stagnatie van het doorlopen van water zal voorkomen moeten worden. Er was uitgewassen zand van de proefboerderij gebruikt, o.a. om entmateriaal toe te voegen voor de bacteriële omzetting van de produkten. Gezien de stagnatie in het vrijkomen van stikstof uit Azolon gelukte dat niet, mogelijk omdat het milieu met water was verzadigd. In het gebruikte zand kwamen blijkbaar fijne deeltjes voor die aan de verstopping hebben bijgedragen. Bij gebruik van inert grof zand zal wel de percolatie beter verlopen, maar eventuele omzettingen door de microflora worden dan onderdrukt of vertraagd.

3.4. Potproef met Engels raaigras

3.4.1. Resultaten in 1984

Door het gebruik van een kiemlaag zonder de stikstof werd kiemschade door de hoge basisgiften kalkammonsalpeter voor een groot deel voorkomen. In de eerste twee sneden op 24 april en 8 mei gaf de hoogste stikstofgift niet de hoogste opbrengst, daarna tot aan de 9e snede wel. Door de kalkammonsalpetergift te verdelen over basis- en bijbemesting bleef de opbrengst bij vergelijkbare "geplande" N-trappen eerst achter t.o.v. ineens gegeven stikstof (figuur 7). Later in het seizoen werden met de hogere, gedeelde kalkammonsalpeterbemesting grotere totaalopbrengsten verkregen (tabel 7). Via de bijbemesting was door het grotere aantal grassneden en daarop volgende bijbemestingen meer stikstof gegeven dan was voorgenomen, 40% stikstof meer. Als echter bij dezelfde werkelijke gift stikstof de basisbemesting met kalkammonsalpeter wordt vergeleken met de gedeelde stikstofgift, dan was de opbrengst bij de laatstgenoemde behandeling duidelijk hoger (tabel 7). De langzaamwerkende meststoffen die geleidelijk stikstof vrijgeven zouden de resultaten van de gedeelde kalkammonsalpeter moeten evenaren. Dit was in de proef van 1984 voor de gift van 3.0 g N per pot met de langzaamwerkende meststoffen niet het geval. Bij de lage eenmalige giften kalkammonsalpeter namen de gecumuleerde grasopbrengsten al vroeg in het seizoen slechts weinig meer toe. Zo leek op 12 juni de laagste gift al min of meer uitgeput. Op 28 juni was er bij deze behandeling geen grasopbrengst



Figuur 7. Gecumuleerde drogestofopbrengst aan gras in de loop van de tijd met kalkammonsalpeter als basisbemesting en bij verdeling over basis- en bijbemesting in een potproef (1984).

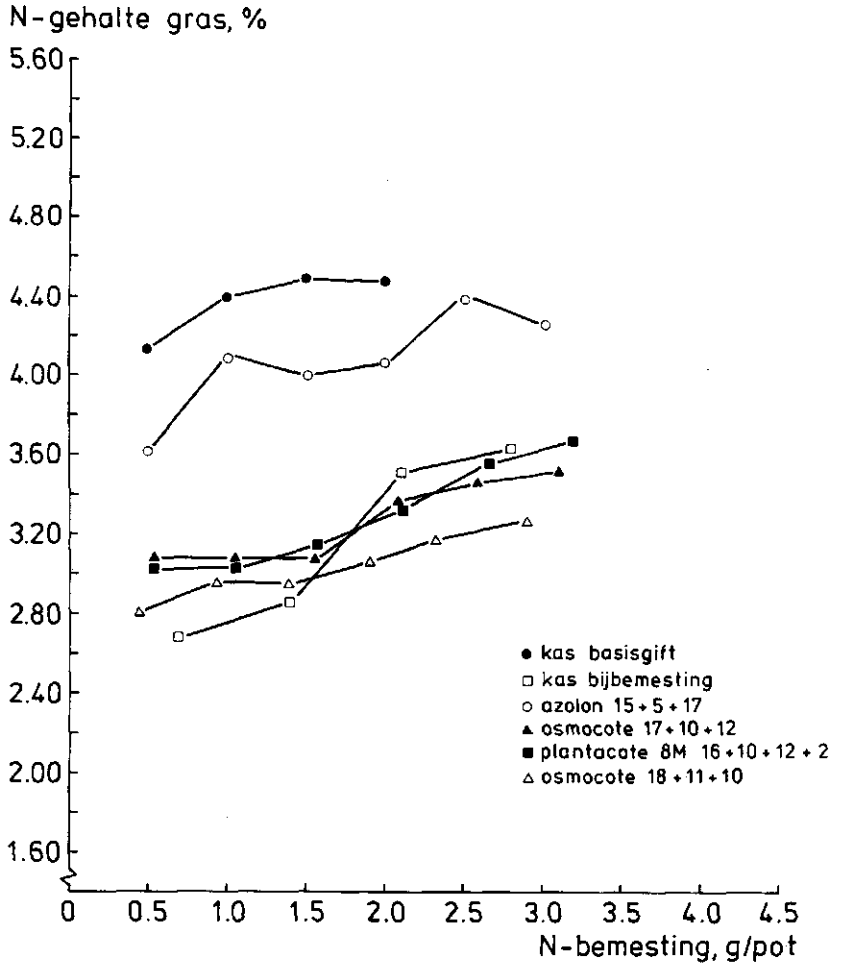
Figure 7. Cumulative dry matter yield of grass fertilized with ammonium nitrate limestone as a basal dressing alone or as a basal dressing and topdressing in a pot trial (1984).

meer. Bij de hogere giften was dit pas later het geval. De opbrengst van 23 juli bij de 1.0 g N-gift was al laag. In vergelijking hiermee namen de grasopbrengsten bij de vier langzaamwerkende meststoffen na juni en juli nog duidelijk toe. Bij een bemesting naar 1.0 g N per pot leverden de vier meststoffen en kalkammonsalpeter als basisgift uiteindelijk een min of meer gelijke totale opbrengst, maar een gedeelde basis- en bijbemesting naar 0.7 g N per pot gaf al een drogestofopbrengst van overeenkomstige grootte. Bij vergelijking van de gecumuleerde grasopbrengsten stond van de vier onderzochte meststoffen Plantacote 8 M bovenaan en Azolon onderaan. De twee Osmocote-meststoffen ontliepen elkaar weinig. Azolon gaf als eerste een afvlakking van de opbrengstcurve te zien, wat erop zou wijzen dat de stikstofleverantie in de proef afliep. In tegen-

TABEL 7. Gecumuleerde verse en drogestofopbrengsten aan gras na 10 sneden in 1984 (g/pot).
TABLE 7. Cumulative (10 cuts) fresh and dry matter yields of grass in 1984 (g/pot).

Stikstof-gift, g/pot	Azolon 15+5+17	Osmoc. 17+10+12	Plantacote 8M 16+10+12+2	Osmoc. 18+11+10	Kalkammonsalpeter		
					basisbem.	basis- + bijbem.	
						N-gift g/pot	opbrengst
	vers gewicht						
0.5	78	77	84	73	96		
1.0	126	125	140	113	159	0.7	162
1.5	170	180	200	160	219	1.4	258
2.0	223	227	263	193	279	2.1	302
2.5	266	267	309	235		2.8	428
3.0	309	326	370	302			
	droog gewicht						
0.5	11.9	13.0	14.2	12.9	13.6		
1.0	19.0	20.8	23.4	19.2	22.4	0.7	28.5
1.5	25.0	29.9	31.9	26.7	30.7	1.4	44.2
2.0	32.4	35.9	40.9	32.6	38.9	2.1	47.1
2.5	38.5	42.0	46.5	38.2		2.8	65.0
3.0	43.4	49.9	54.8	47.5			
Kleinst Betrouwbaar Verschil bij P = 0.05 (KBV 0.05)			vers gewicht 21 droog gewicht 3.6				

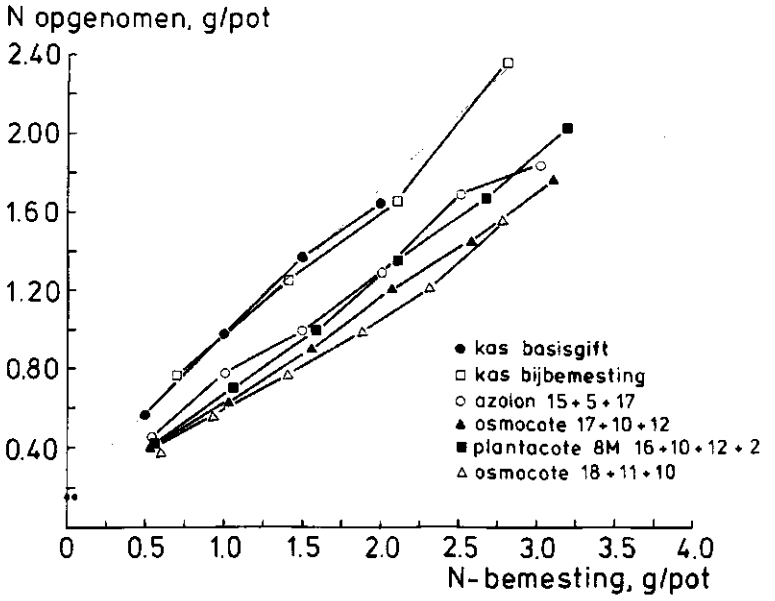
spraak daarmee was het hoge stikstofgehalte van het gehele geoogste materiaal na Azolonbemesting (figuur 8). Nog iets hogere stikstofgehalten werden gevonden na toediening van de kalkammonsalpeter als basisbemesting ineens. Het hoge stikstofgehalte zou kunnen worden verklaard door het feit dat de eerste sneden het meest tot de totale opbrengst bijdroegen en de laatste weinig. Vroeg gemaaid gras heeft namelijk een hoger stikstofgehalte dan later in het seizoen gemaaid gras. Dat komt ook uit de proef van 1985 naar voren. Het hoge stikstofgehalte van het totale materiaal zou dus een aanwijzing kunnen zijn voor geringe produktie aan het eind van het seizoen. Van de vier langzaamwerkende meststoffen was het stikstofgehalte van het gras het laagst bij Osmocote 18+11+10, de traagst werkende van de twee Osmocote-meststoffen. De verdeling van de kalkammonsalpeter over basisgift en bijbemesting gaf bij de twee laagste stikstofgiften lagere gehalten dan de vier



Figuur 8. Stikstofgehalte van gras (10 sneden) in de potproef van 1984 met vier langzaamwerkende meststoffen en kalkammonsalpeter.
Figure 8. Nitrogen concentration of grass (10 cuts) in the 1984 pot trial with four slow-release fertilizers and ammonium nitrate limestone.

onderzochte meststoffen, maar hogere bij de twee hoogste giften.

Figuur 9 laat de totale stikstofonttrekking door het gemaaide gras zien. De meeste stikstof werd door het gewas opgenomen uit de kalkammonsalpeter, zowel als basisbemesting als gedeelde bemesting. Doordat Azalon een hoog stikstofgehalte had, bleef deze meststof niet achter in onttrekkingscijfers bij de andere langzaamwerkende meststoffen. Via regressielijnen werd de efficiëntie van de stikstofgift voor de diverse meststoffen berekend (tabel 8). Hierbij is de stikstof, die in de wortels terechtkwam of in de potgrond diffundeerde en niet werd opgenomen, buiten beschouwing gelaten. Wat het laatste betreft is het niet uitgesloten dat aan het eind van het groeiseizoen het gras niet meer in staat was alle ter beschikking komende stikstof geheel op te nemen. Bij



Figuur 9. Door het gras opgenomen stikstof in de potproef van 1984 met vier langzaamwerkende meststoffen en kalkammonsalpeter.

Figure 9. Nitrogen taken up by grass in the 1984 pot trial from four slow-release fertilizers and ammonium nitrate limestone.

TABEL 8. Efficiëntie van de stikstofbemesting met diverse meststoffen in 1984 en 1985, berekend uit door gras opgenomen stikstof in bovengrondse delen.

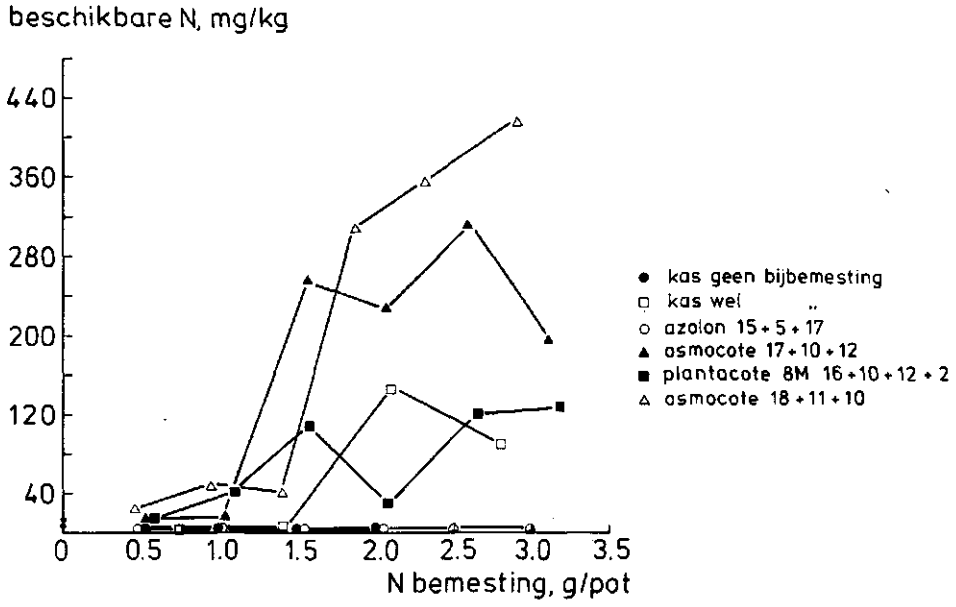
TABLE 8. Efficiency of nitrogen in various fertilizers in experiments in 1984 and 1985, calculated from nitrogen uptake by grass.

Meststof		Opgenomen stikstof als percentage van gegeven			
		1984	1985		
		1e t/m 10e snede	1e t/m 4e snede	5e t/m 8e snede*	1e t/m 8e snede
Kalkammsalp.	basisbem.	80.0	85.3	20.2	88.2
	basis+bijb.	76.1	79.4	56.1	76.3
Floranid permanent					
	15+9+15+2		78.0	23.5	82.9
Osmocote	14+14+14		51.1	37.9	69.7
Triabon	16+8+12+4		69.4	27.2	77.7
Azolon	15+5+17	57.8	56.0	21.6	65.4
S-omhulde ureum 32			66.2	29.5	76.2
Osmocote	17+10+12	51.8	31.0	21.4	45.8
Plantacote 8 M					
	16+10+12+2	59.1	40.4	26.2	55.7
Osmocote	18+11+10	49.0	34.7	25.1	51.1

* als percentage van nog aanwezige stikstof (gegeven, verminderd met al tot en met 4e snede opgenomen)

kalkammonsalpeter als basisbemesting kwam 80% van de stikstof in de bovengrondse delen terecht, een vrij hoge score als men dat vergelijkt met wat men gewoonlijk aangeeft, 60-85%. Bij kalkammonsalpeter als basis- en bijbemesting waarvan men kan aannemen dat de laatste bijbemestingen en zeker de laatste op 5 oktober het gewas ternauwernood ten goede zijn gekomen onder de beperkte lichtomstandigheden, was de efficiëntie van de stikstofbemesting nog 76%. De werkzaamheid van stikstof in de vier langzaamwerkende meststoffen lag tussen 49-59%. Hierbij was die van Plantacote 8 M het hoogst. Tussen de twee Osmocote-meststoffen was het verschil in stikstofwerking gering en de snellere werkzaamheid van Osmocote 17+10+12 die in 5-6 maanden volledig zijn stikstof vrij zou hebben moeten geven was ternauwernood aan te tonen.

De stikstof van de langzaamwerkende meststoffen kwam dus in het eerste seizoen maar gedeeltelijk vrij. Dit werd voor de langzaamwerkende meststoffen al eerder gevonden (Van der Boon en Van Elk, 1986). Als dit al als onvermijdelijk wordt beschouwd dan nog is het gewenst dat in het eerste groeiseizoen de stikstof zodanig vrijkomt dat het gewas het geheel kan opnemen, zodat aan het eind van het groeiseizoen geen vrije minerale stikstof aanwezig is die het milieu in de wintermaanden zou kunnen belasten. In het volgende groeiseizoen bij hogere temperatuur zou de resterende stikstof dan nog vrij kunnen komen ten gunste van het gewas. Ter controle werd aan het eind van het seizoen de minerale stikstof in de potgrond bepaald. De op 16 november 1984 gevonden minerale-stikstofcijfers waren voor de twee Osmocote-meststoffen het hoogst (figuur 10). De hoeveelheid mobiele stikstof nam sterk toe met de toegediende hoeveelheden meststoffen. Ruwweg de helft van de minerale stikstof was in de vorm van ammonium. Hieruit valt af te leiden dat een deel van de stikstof aan het eind van het groeiseizoen is vrijgekomen toen de stikstofbehoefte van het gras door verminderde groei al aan het afnemen was. Ook de twee hoogste gedeelde giften kalkammonsalpeter gaven hoge stikstofgehalten in de grond, echter alleen voor nitraatstikstof. Het ammonium was blijkbaar al genitrificeerd of als eerste door het gras opgenomen. De overmaat aan deze, laat gegeven, stikstof was echter duidelijk minder groot dan de stikstofaanvoer via de langzaamwerkende meststoffen. Bij de Azolonbehandeling werd geen minerale stikstof meer gevonden, en evenmin bij de kalkammonsalpeterbemesting als basisgift. Bij Plantacote 8 M was de hoeveelheid minerale stikstof in de grond aan het eind van het seizoen ongeveer gelijk aan die bij de gedeelde kalkammon-



Figuur 10. Concentratie van in water oplosbare stikstof in de potgrond in november 1984 met vier langzaamwerkende meststoffen en kalkammonsalpeter.

Figure 10. Concentration of water-soluble nitrogen in the potting soil in November 1984 with four slow-release fertilizers and ammonium nitrate limestone.

salpeterbemesting.

3.4.2. Resultaten in 1985

De drogestofopbrengst was alleen in de eerste twee sneden door de hoogste basisgift met kalkammonsalpeter ietwat verlaagd ten opzichte van de lagere stikstofgiften. Kiemschade was dus door het gebruik van een kiemlaag grotendeels voorkomen.

De drogestofopbrengst in de eerste sneden was bij de basisgift kalkammonsalpeter hoger dan wanneer de gift was verdeeld over basis- en bijbemesting (figuur 11). Maar op een gegeven moment was de stikstof van de basisgift uitgeput en nam de gecumuleerde opbrengst niet meer toe. Dat tijdstip viel later naarmate meer stikstof was gegeven. Als de kalkammonsalpetergift was verdeeld over basis- en bijbemesting dan bleef de opbrengst toenemen tot het eind van het groeiseizoen en uiteindelijk werd veel meer geoogst bij eenzelfde in één keer toegediende stikstofhoeveelheid (tabel 9). Zo was de gecumuleerde drogestofopbrengst bij 1.5

g N per pot voor de gedeelde gift aan kalkammonsalpeter 51.7 g en voor de basisgift ineens 35.2 g. In de eerste maanden, juni en juli, brachten bepaalde langzaamwerkende meststoffen meer op dan de gedeelde kalkammon-

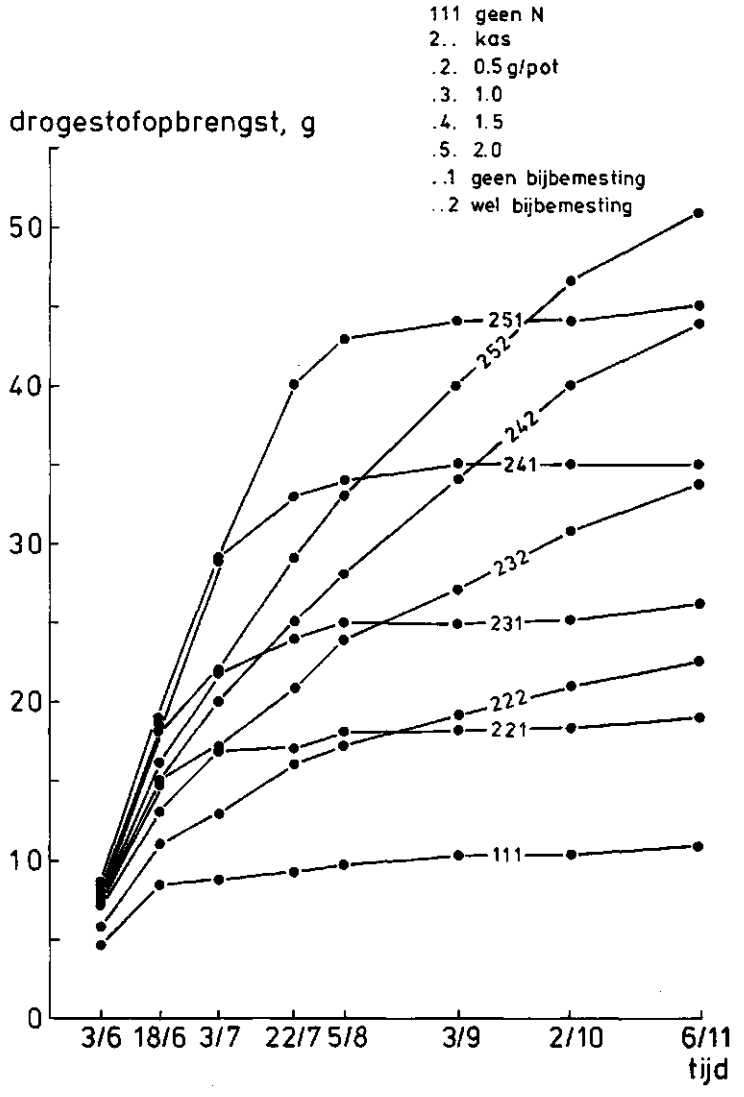
TABEL 9. Gecumuleerde verse en drogestofopbrengsten na 8 sneden in 1985 (g/pot).

TABLE 9. Cumulative (8 cuts) fresh and dry matter yields of grass in 1985 (g/pot).

Stikstof-gift, g /pot	Floranid permanent 15+9+15+2	Osmocote 14+14+14	Triabon 16+8+12 +4	Azolon 15+5+17	S-omhulde ureum 32	Osmocote 17+10+12	Plantacote 8 M 16+10+12+2	Osmocote 18+11+10	Kalkammonsalpeter basis-bem.	basis- + bijbemesting N-gift g /pot	opbrengst
	vers gewicht									0.38	108
0.5	104	85	97	112	103	79	91	104	102	0.76	174
1.0	170	130	150	196	164	126	141	165	169	1.14	245
1.5	219	181	210	275	224	165	197	229	240	1.52	299
2.0	285	226	258	355	280	203	256	302	305		
2.5	350	265	314	393	328	245	297	365			
3.0	401	312	376	472	391	291	365	421			
	droog gewicht									0.38	22.5
0.5	18.3	21.1	19.3	20.7	19.8	15.8	18.0	17.5	18.6	0.76	33.6
1.0	25.5	29.9	26.3	31.8	28.2	24.1	25.5	24.8	26.2	1.14	43.7
1.5	32.0	39.6	33.4	41.4	36.1	30.1	34.0	32.5	35.2	1.52	51.7
2.0	41.9	50.6	40.1	51.4	43.5	35.9	42.6	38.4	45.1		
2.5	49.8	58.0	47.4	56.1	49.8	41.7	48.3	43.6			
3.0	57.1	64.7	54.4	64.4	56.4	47.8	55.8	50.8			
KBV 0.05	vers gewicht 15										
	droog gewicht 1.9										

salpetergift, nl. Azolon, Triabon, Floranid en met zwavel omhulde ureum. In die periode gaven deze meststoffen blijkbaar meer stikstof af dan wat met de basis- en bijmestgift aan stikstof werd toegediend. De totale drogestofopbrengst met kalkammonsalpeter als basisgift ineens naar 2.0 g N per pot was het laagst vergeleken met de langzaamwerkende meststoffen naar 3.0 g N per pot, maar lag dicht in de buurt van het effect van Osmocote 17+10+12. Zoals gezegd liep wel de opbrengstcurve in de tijd anders. Bij de laatstgenoemde meststof vertoonde de curve van de gecumuleerde opbrengst nog steeds een stijging, maar bij kalkammonsalpeter in één gift kwam vanaf begin augustus er geen beduidende grasopbrengst meer bij. Ook bij Floranid, Triabon en zwavel-omhulde ureum vlakt de op-

brengstcurve aan het eind af, wat wijst op een afgenomen stikstofleverantie. De totale opbrengst aan gras met de gedeelde kalkammonsalpetergift naar 1.5 g N per pot was hoger dan die verkregen met de twee Osmocote-meststoffen 17+10+12 en 18+11+10 naar 3.0 g N per pot, maar lager dan die van de andere langzaamwerkende meststoffen. Gerekend op basis van dezelfde "geplande" gift aan stikstof brachten Osmocote 14+14+14 en Azolon meer op dan de basisbemesting met kalkammonsalpeter.



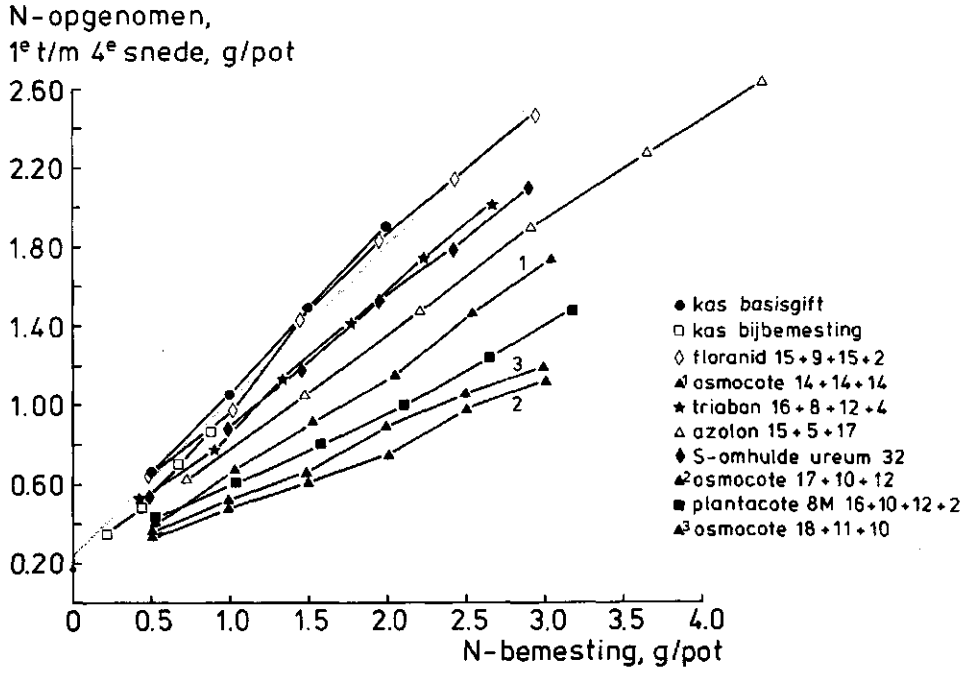
Figuur 11. Gecumuleerde drogestofopbrengst aan gras in de loop van de tijd met kalkammonsalpeter als basisbemesting en kalkammonsalpeter, als basis- en bijbemesting in de potproef van 1985.

Figure 11. Cumulative dry matter yield of grass fertilized with ammonium nitrate limestone as a basal dressing and as a basal dressing and topdressing in pot trial of 1985.

De gedeelde kalkammonsalpeterbemesting bracht bij gelijke stikstofdosering meer op dan de andere meststoffen. Van de langzaamwerkende meststoffen gaven Osmocote 14+14+14 en Azolon de hoogste totaalopbrengst. In 1984 daarentegen werd met Azolon de laagste opbrengst aan gras gewonnen. De vergelijking is echter niet juist. De meststoffen waren aan de potten toegediend op basis van het door de fabrikanten gegarandeerde minimale stikstofgehalte. Azolon, geleverd in 1985, bevatte volgens de analyse veel meer stikstof, 21.9% in plaats van 15%, zodat aan de potgrond in werkelijkheid 4.38 N per pot bij de hoogste gift werd gegeven in plaats van 3.0 g N per pot. Dit verklaart de hogere opbrengst met Azolon in 1985. Als de vierde bemestingstrap van Azolon, te weten een werkelijke gift van 2.9 g N per pot, wordt vergeleken met de hoogste trap van 3.0 g N per pot voor de andere langzaamwerkende meststoffen, dan ligt de opbrengst ongeveer op hetzelfde niveau en is alleen hoger dan de opbrengst met Osmocote 18+11+10 en 17+10+12.

Aan de hand van de stikstofgehalten van het gesneden gras en ook uit de berekening van de opgenomen hoeveelheid stikstof in het bovengrondse gewas kan een nog betere indruk worden verkregen van de stikstofwerking van de diverse stikstofmeststoffen. In tegenstelling met de proef in 1984 waren er per behandeling in 1985 twee stikstofanalyses uitgevoerd, één in een mengmonster van de eerste vier sneden en één in een monster van de vier laatste. De stikstofgehalten van het mengmonster van de vier eerste sneden waren aanmerkelijk hoger dan die van de laatste vier sneden (gemiddeld 4.4 tegen 2.4% bij een gift van 3 g N). De stikstofgehalten in de vroege sneden waren het hoogst voor Floranid en de basisbemesting met kalkammonsalpeter. Dan volgde het drietal zwavel-omhulde ureum, Triabon en Azolon. De gedeelde gift kalkammonsalpeter gaf de laagste gehalten. Ook in de proef in 1984 was het stikstofgehalte van het totale grasmateriaal hoog bij eenmalige toediening van kalkammonsalpeter en voor Azolon, terwijl dat voor de gedeelde toediening van de lage giften kalkammonsalpeter het laagst was. Het stikstofgehalte van het gras verzameld vanaf begin augustus was niet alleen lager dan in juni-juli, maar bovendien was de stijging minder groot bij toenemende stikstofgift. De gehalten voor kalkammonsalpeter als basisgift en Floranid waren nu beduidend lager dan die voor de andere meststoffen. Dit wijst erop dat de stikstofleverantie door beide meststoffen na juli was uitgeput. Bij vergelijking van de door het bovengronds gewas opgenomen stikstofhoeveelheden in de vier eerste sneden bleken kalkammonsalpeter als basisgift en Floranid de grootste hoeveelheid stikstof

geleverd te hebben (figuur 12), de Osmocote-meststoffen en Plantacote de kleinste. Als de stikstofhoeveelheden in de laatste vier sneden op deze wijze worden vergeleken dan liggen de lijnen voor deze meststoffen andersom (figuur 13). De hoeveelheid stikstof in de laatste vier sneden was laag, het laagst voor de kalkammonsalpeter-basisbemesting en voor Floranid, vooral bij de lage stikstofgiften. De lijnen voor de Osmocote-meststoffen en Plantacote liggen nu bovenaan. Dat betekent dat deze meststoffen vanaf eind juli nog duidelijk stikstof leverden die het gewas ten goede kwam. De gedeelde kalkammonsalpeterbemesting gaf de



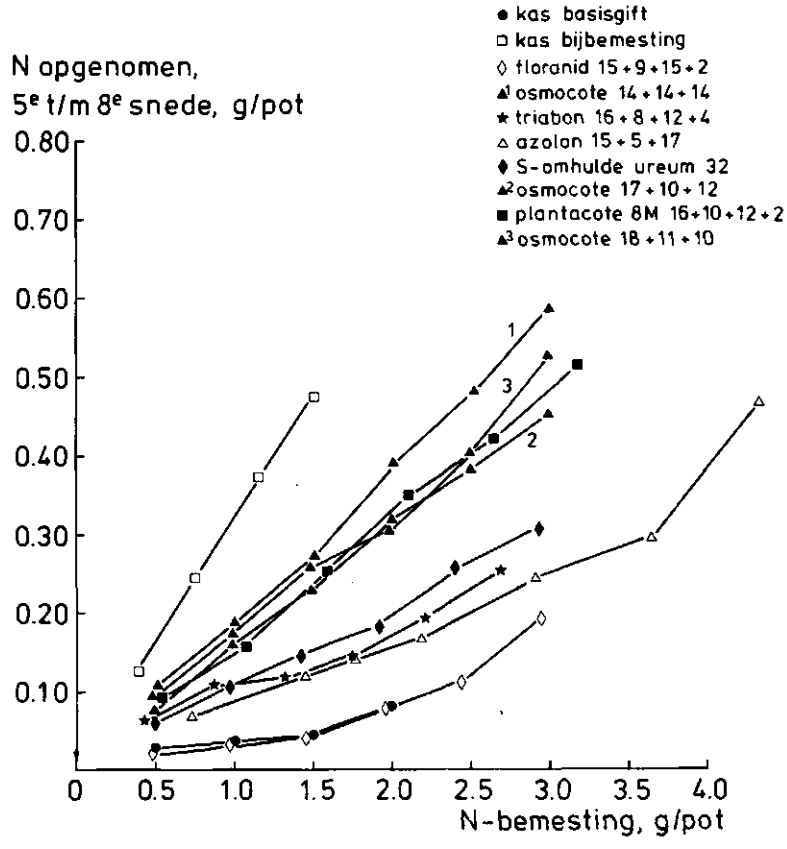
Figuur 12. Hoeveelheid stikstof in de eerste vier sneden van het gras in de potproef van 1985 met acht langzaamwerkende meststoffen en kalkammonsalpeter.

Figure 12. Amount of nitrogen taken up by the first four cuts of grass with eight slow-release fertilizers and ammonium nitrate limestone in the 1985 pot trial.

hoogste stikstofopname. Door deze bemestingsmethode was tot eind juli nog maar 45% van de totale geplande gift toegediend. Voor de totale stikstofopname over het gehele seizoen waren de lijnen voor het verband tussen stikstofopname en stikstofgift voor de diverse behandelingen min of meer op dezelfde wijze verdeeld als in figuur 12, die de stikstof-opname in de eerste helft van het groeiseizoen toont. Dit is het gevolg van de grote produktie en het hoge stikstofgehalte in die periode. De

conclusie blijft dezelfde.

Door berekening van lineaire regressielijnen voor stikstofopname op stikstofgift werd de efficiëntie voor de diverse meststoffen bepaald, waarbij de stikstof, door de wortels opgenomen of vrijgekomen in de potgrond, niet in de berekening is opgenomen (tabel 8). In de eerste vier sneden gaf de basisbemesting met kalkammonsalpeter de hoogste stikstofopname, gevolgd door de gedeelde kalkammonsalpetergift en Floranid. De twee Osmocote-meststoffen 18+11+10 en 17+10+12 stonden onderaan. Ook bij



Figuur 13. De hoeveelheid stikstof in de vier laatste sneden van het gras bemest met acht langzaamwerkende meststoffen en kalkammonsalpeter in de potproef van 1985.

Figure 13. Amount of nitrogen taken up by the last four cuts of grass fertilized with eight slow-release fertilizers and ammonium nitrate limestone in the 1985 pot trial.

de stikstofopname in de tweede helft van het groeiseizoen bleven deze meststoffen achter bij de andere. Het restant van de basisbemesting met kalkammonsalpeter droeg nog maar weinig bij aan de stikstofopname door het gras. Ook Azolon vertoonde weinig nawerking. De meeste stikstof werd door het gras verkregen uit de gedeelde stikstofgift. Over alle sneden gerekend stonden kalkammonsalpeterbasisbemesting en Floranid bovenaan.

De kleinste hoeveelheden stikstof kwamen vrij uit Osmocote 17+10+12, Osmocote 18+11+10 en Plantacote 8M 16+10+12+2: ongeveer de helft van de aangeboden stikstof werd opgenomen. Volgens de fabrieksopgave zou van de drie meststoffen alleen Osmocote 14+14+14 alle stikstof geleverd moeten hebben aan het eind van het seizoen.

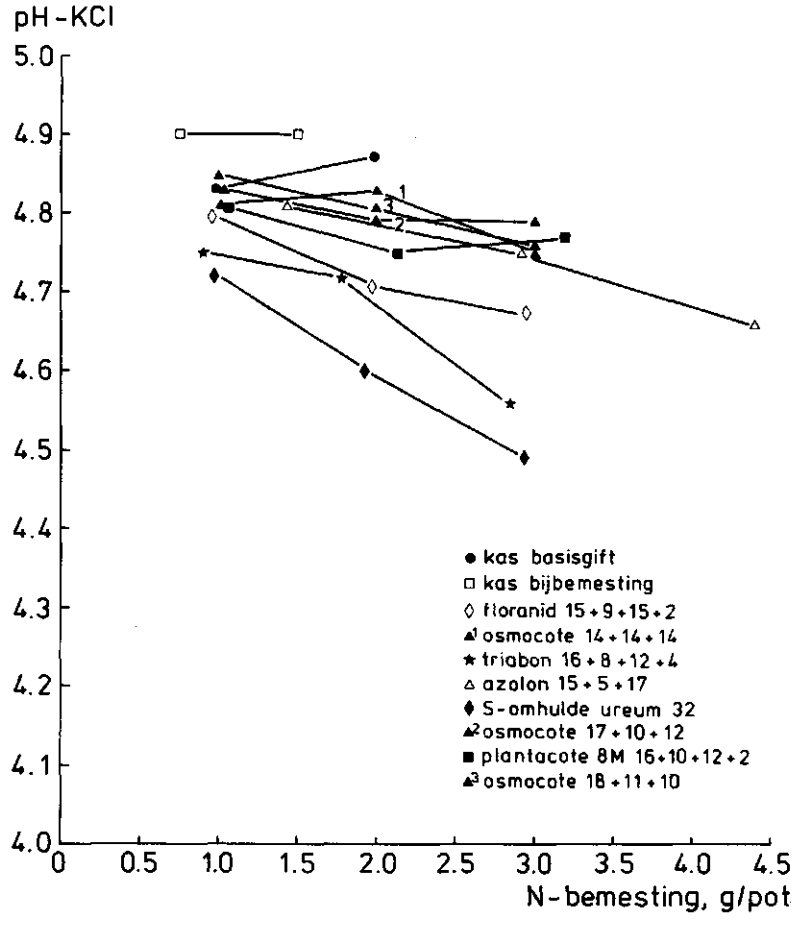
Bij een goede aanpassing aan de stikstofbehoefte van het gewas zou alle stikstof die vrijkwam door het gewas opgenomen moeten zijn. Aan het eind van het groeiseizoen zou weinig minerale stikstof in de potgrond mogen achterblijven om milieubelasting in de winter te voorkomen. Van enkele meststoffen, inclusief kalkammonsalpeter als gedeelde stikstofgift, was inderdaad geen minerale stikstof meer aanwezig. Aanzienlijke hoeveelheden stikstof, zowel in ammoniumvorm als in nitraatvorm, waren echter nog aanwezig na toediening van Osmocote 14+14+14, Plantacote 8M 16+10+12+2, Osmocote 18+10+11 en vooral Osmocote 17+10+12. Deze meststoffen bleven blijkbaar nog in de laatste maanden veel stikstof leveren, terwijl de opname van het gras door verminderde groei bij geringere straling afnam.

Volgens Arnold Bik (1970) oefent bij de toepassing van ammmonium-houdende of ammoniumvormende meststoffen de grootte van de reserve aan koolzure kalk een zeer belangrijke, indirecte invloed uit op de ionenbalans van de plant. De pH-KCl van de potgrond aan het eind van de teelt werd bepaald om te zien in welke mate een daling van de pH door het gebruik van de langzaamwerkende meststoffen met de daarop volgende nitrificatie was opgetreden. Bij het met zwavel omhulde ureum was de oxidatie van de zwavel tot zwavelzuur mede een aanslag op de koolzure-kalkvoorraad van de potgrond. Inderdaad daalde met deze meststof de pH-KCl het sterkst (figuur 14). Ook met Triabon, Floranid en Azolon waren er duidelijke dalingen van de pH. Met kalkammonsalpeter bleef de pH op peil.

3.5. Potproef met Pyracantha

De resultaten met Pyracantha gaven in de groeicijfers en gewichten een zeer onregelmatig beeld te zien. Bij nadere analyse bleek naar alle waarschijnlijkheid het volgende zich te hebben voorgedaan. De hoeveelheden stikstof in de hoogste trappen waren te hoog, en bij die langzaamwerkende mengmeststoffen die verhoudingsgewijs vrij snel stikstof afgaven, had dat de dood of ernstige beschadiging van de planten ten gevolge. Dit was vooral het geval bij het met zwavel omhulde ureum (tabel 10). In mindere mate geldt dit ook voor Triabon en Floranid. Het zou

ook te verwachten zijn met Plantacote, dat voor een deel snelwerkende stikstof bevat. Merkwaardig is echter bij deze meststof dat de schade voorkwam bij de lagere trappen en niet bij de hogere. Zelfs bij de basisbemesting met alleen PG-mix gaf de hoogste trap een wat minder goed resultaat dan de overige, terwijl toch bij alle trappen de groei achterbleef doordat de basisbemesting te licht was. Als de planten wel



Figuur 14. De invloed van acht langzaamwerkende meststoffen en van kalkammonsalpeter op de pH-KCl van de potgrond in november 1985.
Figure 14. Effect of eight slow-release fertilizers and ammonium nitrate limestone on the pH-KCl of the potting soil in November 1985.

beschadigd waren, maar toch bleven leven, was soms bij het hernemen van de groei het herstel beter en de uiteindelijke groeikracht hoger bij de hogere giften. Ook dit droeg bij tot het onregelmatige groeipatroon naarmate de giften hoger waren. Voor een goede vergelijking van de werking van de langzaamwerkende meststoffen worden in dit verslag verder alleen de twee laagste N-trappen beschouwd; het lijkt er op dat de tweede al bij sommige meststoffen tot een geringere groei door overmaat

heeft geleid. Bij de lengtemetingen werd de "gemiddelde" waarde bepaald van de goed groeiende planten per veldje. Zodoende werden de zeer slechte planten buiten beschouwing gelaten. De groei van de Pyracantha was het best bij de PG-mix-trappen met bijbemesting, gevolgd door de drie Osmocote-meststoffen en het met zwavel omhulde ureum. De

TABEL 10. Aantal dode planten per veldje van 6 Pyracantha planten op 29 mei 1985, en lengtegroei en gewicht aan het eind van de proef op 24 oktober na bemesting met PG-mix en langzaamwerkende mengmeststoffen.

TABLE 10. Number of dead plants per plot of 6 Pyracantha plants on 29 May 1985, and length and weight at the end of the growing season on 24 October after application of the NPK-fertilizer PG-mix and slow-release NPK-fertilizers.

Behandeling	Aantal dode planten (4 hoogste trappen)	Lengte, cm/pl.			Droog gewicht, g/6 pl.		
		g N per 1			g N per 1		
		0	0.4	0.8	0	0.4	0.8
Onbemest		34			7		
PG-mix basisbem.			45			16	
PG-mix basisb.+bijbem.			82	84		70	64
Floranid 15+9+15+2	1.2		57	53		40	25
Osmocote 14+14+14	1.0		71	83		82	74
Triabon 16+8+12+4	0.8		53	56		40	21
Azolon 15+5+17	0.1		57	61		49	38
S-omhulde ureum 32	2.8		70	74		60	23
Osmocote 17+10+12	0.1		74	75		61	56
Plantacote 8 M16+10+12+2	1.2		47	60		8	9
Osmocote 18+11+10	0		69	76		59	37
KBV 0.05	lengte 19						
	droog gewicht 23.3						

Osmocote-bemestingen gaven ook bij de hogere trappen nog goede resultaten, althans de afname in groei door overmaat was minder sterk. Bij Osmocote 14+14+14 bleef de hoogste trap van 2,4 g N per 1 wel achter, maar bij de twee andere Osmocote-soorten met langere werkingsduur niet. Zwavel-omhulde ureum deed het gewicht aan Pyracantha met de gift van 0.8 g N per 1 al duidelijk dalen en bij nog hogere giften liep de opbrengst aan drogestof zeer sterk achteruit. Azolon gaf langzaam zijn stikstof af, althans de derde gift gaf de hoogste opbrengst, en pas de hoogste dosis, 3,47 g N per 1, was schadelijk. Al met al lijken de twee Osmocote-meststoffen met de wat langere werkingsduur onder deze

proefomstandigheden de veiligste meststoffen, naast de behandeling met PG-mix met bijbemesting.

Het stikstofgehalte van de Pyracantha zou een maat kunnen zijn voor de stiktofafgifte van de meststoffen. Een laag stikstofgehalte zou een geringe groeistimulans en lage stikstofleverantie betekenen. Veel stikstof geeft een hoog gehalte, maar bij geremde groei door overmaat kan het stikstofgehalte ook hoog oplopen; dit was het geval bij de hoge trappen zwavel-omhulde ureum. Bij vergelijking van de laagste twee giften (0.4 en 0.8 g N per 1) van de langzaamwerkende mengmeststoffen, waarvan de tweede gift al enigszins naar overmaat en groeiremming neigde, is de volgorde van oplopend stikstofgehalte bij de oogst voor de langzaamwerkende meststoffen: Floranid, Triabon, Azolon (laagste gift), Osmocote 14+14+14, zwavel-omhulde ureum, Osmocote 17+10+12 en Osmocote 18+11+10 (tabel 11). Het stikstofgehalte was hoog bij PG-mix-trappen met

TABEL 11 .Stikstofgehalte en hoeveelheid stikstof in afgeoogste Pyracantha aan het eind van de proef met PG-mix en langzaamwerkende mengmeststoffen.

TABLE 11. Concentration and amount of N in Pyracantha at the end of the experiment with PG-mix and slow-release NPK-fertilizers.

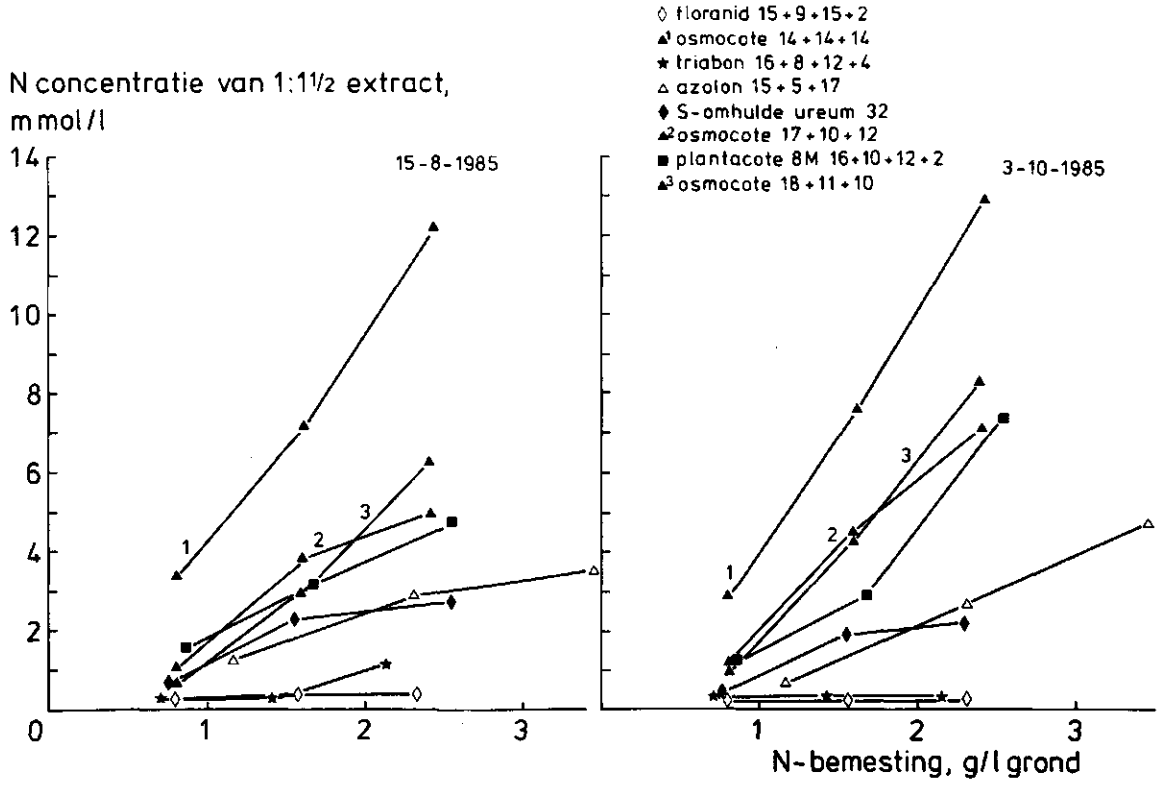
Behandeling	N% dr. stof			mg N per 6 planten				
	g N per 1			g N per 1			behandeling met grootste N hoeveelh. in de plant	
	0	0.4	0.8	0	0.4	0.8	hoeveelh. N	g N/1
Onbemest	1.08			80				
PG-mix basisbem.		0.89			147		173	0.21
PG-mix basisb. + bijbem.		1.40	1.35		984	863	1399	0.55
Floranid 15+9+15+2		0.81	0.94		320	232	320	0.39
Osmocote 14+14+14		1.09	1.32		894	980	985	2.00
Triabon 16+8+12+4		0.88	1.11		350	238	358	1.07
Azolon 15+5+17		0.91	1.40		447	527	1083	1.74
S-omhulde ureum 32		1.12	1.25		668	285	668	0.39
Osmocote 17+10+12		1.12	1.45		682	818	1310	2.00
Plantacote 8M 16+10+12+2		1.34	1.61		109	150	980	2.11
Osmocote 18+11+10		1.31	1.53		776	565	1547	1.19

bijbemesting, niet geëvenaard door de langzaamwerkende meststoffen naar 0.4 g N per l, gelijk met 0.8 g N per l Osmocote 14+14+14 en overtroffen door 0.8 g N per l Osmocote 17+10+12 en 18+11+10. Het stikstofgehalte bij PG-mix als basisgift bleef duidelijk achter, maar was hoger dan dat bij 0.4 g N per l Triabon, en Floranid.

De totale hoeveelheid stikstof opgenomen door het gewas weerspiegelt duidelijk het uitblijven van groei bij de laagste trappen Plantacote en de achteruitgang in groei door overmaat aan zwavel-omhulde ureum, al vanaf de tweede trap (tabel 11). De PG-mix basisgift is duidelijk te laag geweest. PG-mix basisbemesting met bijbemesting leverde hoge rendementscijfers op die door de Osmocote-meststoffen en de laagste trap zwavel-omhulde ureum nog het dichtst werden benaderd. De stikstofleverantie bij de twee laagste giften Azolon bleef duidelijk achter. De hoogste stikstofopname was hier bij de gift van 1.74 g N per l. Triabon en Floranid gaven de laagste stikstofopnamecijfers te zien. Bij de Osmocote-giften en Azolon speelde schade bij de hoge giften een geringe rol. Bij deze meststoffen zou de maximale stikstofopname een index kunnen zijn voor de efficiëntie van de meststof over de gehele groeiperiode. Om het maximum te verkrijgen zou met Osmocote 18+11+10 tweemaal zoveel stikstof gegeven moeten worden als met PG-mix plus bijbemesting, en met de andere ruim driemaal zoveel. De grootste stikstofopname en hoogste drogestofproduktie werden bij de oogst bereikt met 1.2 g N per l Osmocote 18+11+10.

Door middel van grondonderzoek op in water oplosbare stikstof in midden augustus en begin oktober werd nagegaan of nog stikstof vrijkwam. Ook werden de gehalten aan andere in water oplosbare nutriënten bepaald. Bij het bereiden van dé potgrond werd volgens berekening genoeg gegeven om een goede groei van het gewas te verzekeren. Maar de gehalten aan de hoofdvoedingsstoffen waren voor de onderzochte 1e, 3e en 5e PG-mix-trap buitengewoon laag, evenals de EC (0.2-0.3 mS/cm). Onder invloed van de wekelijkse bijbemesting stegen de gehalten tussen midden augustus en begin oktober, maar bleven volgens het door het Proefstation te Naaldwijk gehanteerde waarderingsschema laag tot matig. De gehalten liepen voor NO_3-N uiteen van 0.1 tot 0.8 mmol/l, voor P van 0.09 tot 0.31, voor K van 0.7 tot 1.3 en voor Mg van 0.3 tot 0.6. De gehalten vertoonden een vrij grote spreiding, mogelijk ontstaan door het niet gelijkmatig per pot toedienen van de bijbemesting. Te oordelen naar de lage gehalten aan oplosbare stikstof zouden de langzaamwerkende meststoffen Triabon en Floranid in midden augustus en begin oktober praktisch al zijn uitge-

werkt (figuur 15). De nog aanwezige activiteit, althans beoordeeld naar de hoogte van de stikstofanalysecijfers, nam toe in de volgorde Azolon, zwavel-omhulde ureum, Plantacote 8M, Osmocote 18+11+10 = Osmocote 17+10+12 en Osmocote 14+14+14. Een hoog gehalte zou op een grotere activiteit kunnen wijzen, maar kan ook betekenen dat de meststof snel uitgewerkt zal zijn. Tussen augustus en begin oktober lijkt inderdaad de activiteit van Osmocote 17+11+12 en 18+11+10, en van Plantacote 8 M toe te nemen ten opzichte van die van Osmocote 14+14+14. Het ammoniumgehalte van de potgrond zou een maat kunnen zijn voor de recente activiteit van de meststof, omdat nitrificatie op vrij korte termijn het ammonium doet verdwijnen, alhoewel deze omzetting in de potgrond niet zo snel zal verlopen als in een normale grond in het veld. De meststoffen Floranid,



Figuur 15. Concentratie van in water oplosbare stikstof in de potgrond in midden augustus en begin oktober 1985, na eerdere bemesting met acht langzaamwerkende meststoffen en met PG-mix-trappen, in de potproef met Pyracantha.

Figure 15. Concentration of water-soluble nitrogen in the potting soil in mid-August and at the beginning of October 1985, after earlier application of eight slow-release fertilizers and PG-mix rates in a pot experiment with Pyracantha.

Triabon en Azolon zouden volgens dit criterium een langere tijd geen of slechts weinig stikstof afgegeven hebben. Ammoniumafgifte en daarop vol-

gende nitrificatie leidt tot verzuring van de potgrond. Bij toenemende hoeveelheid meststof was een daling van de pH in het grondmonster te constateren, behalve voor Floranid. De gehalten aan P en K in de potgrond lagen over het algemeen bij de langzaamwerkende mengmeststoffen hoger dan bij de PG-mix-trappen. De hogere gehalten bij bepaalde langzaamwerkende mengmeststoffen kunnen een groeistimulans hebben gegeven, hoewel is getracht dit te voorkomen door compensatie in voedingselementen bij de verschillende meststoffen.

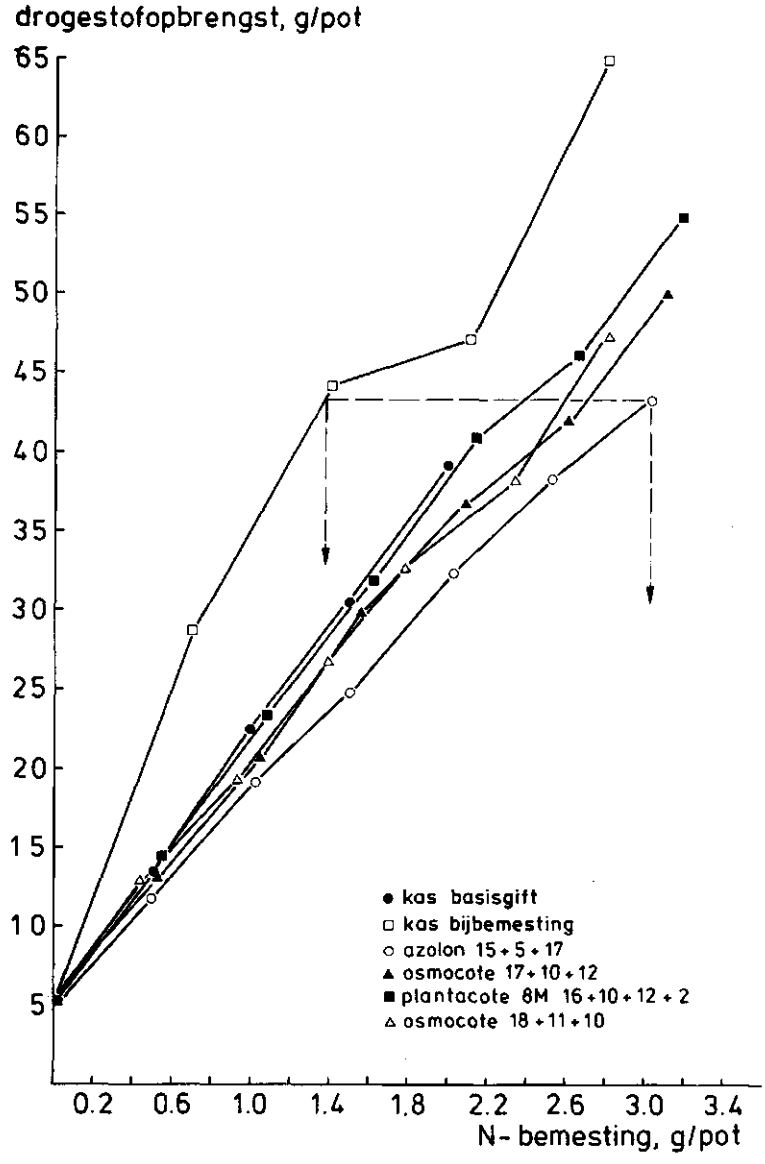
In 1984 werden in Boskoop bij Pyracantha goede resultaten verkregen met de beide Osmocote-meststoffen en Plantacote, terwijl Azolon achterbleef. Geen groeiremming trad op, behalve bij 7 kg Osmocote 17+10+12 per m^3, in het plantgat toegepast in plaats van door de grond gemengd (Aendekerk, 1985). In 1985 werkte Plantacote bij **Chamaecyparis lawsoniana** 'Van Pelt' wat minder goed dan de Osmocote-meststoffen 17+10+12 en 16+10+9+6. Gecombineerd met PG-mix in de basisbemesting gaf Osmocote 17+10+12 goede resultaten (Aendekerk en De Jong, 1986).

4. IS ER EEN UNIVERSELE TOETSMETHODE?

Het langzaam vrijkomen van de stikstof uit de langzaamwerkende meststoffen was bestudeerd door chemische analyse van de meststoffen, waaronder bepaling van de A.I. en het vrijkomen van stikstof in gedurende 30 minuten afkoelend water van 100 ^{o}C, en door percolatie en incubatie. De verkregen analysecijfers moeten in verband worden gebracht met de reactie van Pyracantha op de onderzochte meststoffen. Ook het raaigras, geteeld op potten, gaf een indruk van de werking van de meststoffen in de loop van het groeiseizoen. Nagegaan werd of één van de eerste drie genoemde methoden bruikbaar zou kunnen zijn als een universele toetsmethode.

De gegevens van beide grasproeven werden bewerkt om een maat te krijgen voor de efficiëntie van de langzaamwerkende meststoffen in de loop van het groeiseizoen. Voor elke grassnede, en ook voor de totale grasproduktie werd berekend met welke stikstofhoeveelheid uit de langzaamwerkende meststof een opbrengst werd gehaald gelijk aan die met de hoogste of bijna hoogste giften stikstof uit kalkammonsalpeter in basis- en bijbemesting (figuur 16). Bij de eerste grassneden werkte kalkammonsalpeter, alleen gegeven als basisbemesting, bijna even efficiënt als de stikstof in kalkammonsalpeter in basis- en bijmestgift (figuren 17 en 18). Daarna nam de efficiëntie van de basisbemesting snel en sterk af. In 1984 kwamen de Osmocotegiften langzamer op gang dan Plantacote. Plantacote bleef nog lang stikstof leveren, evenals de beide Osmocotemeststoffen, maar Azolon gaf bijna geen opbrengstvermeerdering van het gras meer in de laatste sneden. De gegevens van 1985 laten voor de eerste grassneden een in verhouding snelle werking zien van Floranid en ook van Triabon, die echter snel terug liep voor de latere grassneden. Dit laatste was ook het geval met Azalon en zwavel-omhulde ureum. De drie Osmocote-soorten werkten over het groeiseizoen gelijkmatiger; Osmocote 14+14+14 met een werkingsduur van 3-4 maanden had zijn hoogste werkzaamheid van midden juli tot begin augustus, daarna nam de werkzaamheid af. Bij de twee andere Osmocote-meststoffen nam de efficiëntie in het seizoen geleidelijk toe. Dat was in 1985 voor Plantacote ook min of meer het geval.

Ook voor Pyracantha werd aan de hand van de lengtegroei tussen twee tijdstippen de efficiëntie van de langzaamwerkende mengmeststoffen

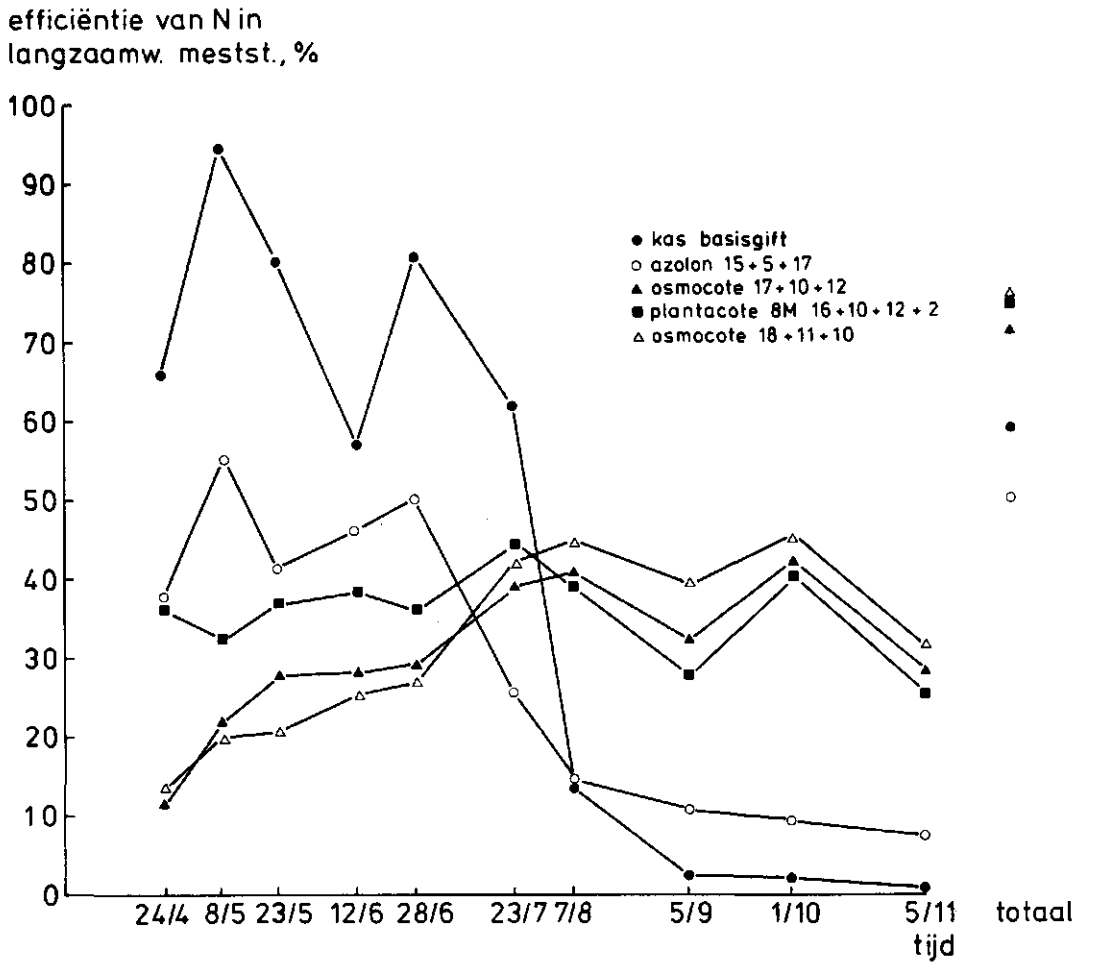


Figuur 16. Berekening van efficiëntie van de stikstof uit de langzaamwerkende meststoffen t.o.v. stikstof uit kalkammonsalpeter als basis- en bijbemesting aan de hand van de grasproduktie.

Figure 16. Calculation of the efficiency of nitrogen from slow-release fertilizers as compared with the effect of ammonium nitrate limestone as a basal dressing and topdressing on the basis of grass production.

bepaald, met de PG-mix-basisgift en Kristalon-bijbemesting als referentie. Door de schadelijke werking van overmaat, vooral bij die meststoffen die snel stikstof afgaven, waren de verkregen rendementscijfers onregelmatig.

Een toetsmethode voor de werking van langzaamwerkende meststoffen zou

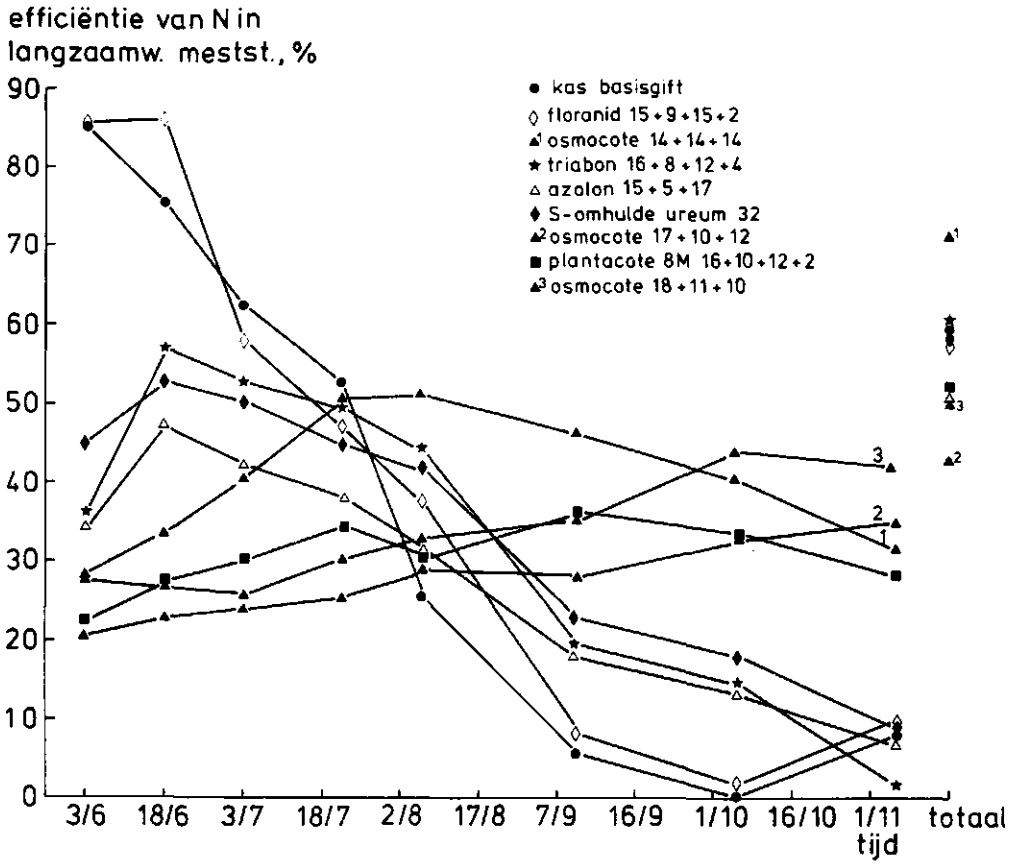


Figuur 17. Efficiëntie van de stikstof uit vier langzaamwerkende meststoffen, gemeten aan de grasproduktie in de loop van het groeiseizoen, vergeleken met het effect van kalkammonsalpeter in basis- en bijbemesting. Gegevens van 1984.

Figure 17. Efficiency of nitrogen from four slow-release fertilizers as measured by grass production in the course of the growing season, compared with the effect of ammonium nitrate limestone as a basal dressing and topdressing. Data of 1984.

niet alleen universeel moeten zijn, maar ook binnen korte tijd zijn informatie moeten geven. Laboratoriummethoden lijken daarom het eerst in aanmerking te komen. Bij percolatie- en incubatiebepalingen zouden de metingen na enkele dagen al voldoende houvast moeten geven. De met raaigras en Pyracantha verkregen informatie over efficiëntie van de meststof, de gewasproduktie, het stikstofgehalte en de opgenomen stikstofhoeveelheid werden gecorreleerd met de gegevens van chemische analyse, percolatie en incubatie. Het cijfermateriaal met vier meststoffen in 1984 en acht in 1985 kan echter slechts een eerste indruk geven van de mogelijke bruikbaarheid van de bepalingen als toetsmethode.

Voor de gegevens van 1985 werd gevonden dat de efficiëntie van de langzaamwerkende meststoffen in de eerste vier grassneden positief en



Figuur 18. Efficiëntie van de stikstof uit acht langzaamwerkende meststoffen, gemeten aan de grasproduktie in de loop van het groeiseizoen, vergeleken met het effect van kalkammonsalpeter in basis- en bijbemesting. Gegevens van 1985.

Figure 18. Efficiency of nitrogen from eight slow-release fertilizers as measured by grass production in the course of the growing season, compared with the effect of ammonium nitrate limestone as a basal dressing and topdressing. Data of 1985.

hoog was gecorreleerd met de vrijgekomen percentages stikstof in de eerste dagen van percolatie en incubatie, maar vanaf de vijfde grassnede was er een negatief verband (tabel 12). In grote lijnen gaven dus de percentages stikstof vrijgekomen in de eerste periode van deze beide toetsmethoden wel aan hoe de langzaamwerkende meststoffen werken op korte termijn, maar niet in het latere deel van het groeiseizoen. Wordt aan het materiaal van 1985 nagegaan welk deel van de curve van totaal vrijgekomen stikstof in de loop van de percolatie en incubatie het beste kan worden genomen dan geldt voor de incubatie bij 29 oC dat na 0, 14 en 29 dagen en vooral na 14 dagen de totale hoeveelheid vrijgekomen stikstof een goede maatstaf was voor de produktie in de eerste twee grassneden als reactie op de langzaamwerkende meststof ($r = 0.91^{++}$). Bij de

TABEL 12. Correlatie van het effect van de langzaamwerkende meststoffen op de opeenvolgende grassneden, vergeleken met dat van kalkammonsalpeter in basis- en bijbemesting, met de met percolatie, incubatie en in de N-slow-releasemethode vrijgekomen stikstof. Gegevens van 1985, correlatiecoëfficiënten.

TABLE 12. Correlation of the effect of the slow release fertilizers on successive grass cuttings, compared with the effect of ammonium nitrate limestone as basal and topdressing, with the nitrogen released through percolation, incubation and the N-slow-release analysis method. Data of 1985, correlation coefficients.

Produktie	Percolatie		Incubatie				N slow-release
	1e dag	16 t/m 26e dag	10 °C		29 °C		(% van tot. N)
			0e dag	85 t.o.v. 56e dag	0e dag	42 t.o.v. 29e dag	
1e sn.	0.84*	-0.29	0.82	-0.30	0.74	-0.54	-0.78
3e sn.	0.72	-0.19	0.76	-0.26	0.58	-0.04	-0.77
6e sn.	-0.79	0.75	-0.83	0.50	-0.84	0.62	0.87
8e sn.	-0.62	0.52	-0.71	0.39	-0.58	0.09	0.79
totaal	0.13	0.62	0.12	0.24	-0.11	0.54	-0.01

*)Stat. betrouwbaarheid corr.coeff.: 0.71 $P < 0.05$, 0.83 $P < 0.01$ en 0.92 $P < 0.001$.

3e-5e grassnede waren de correlaties het hoogste voor de stikstof, in totaal vrij gekomen na 56 dagen (r = 0,88++ - 0.67). Voor de totale grasproduktie over het gehele seizoen was de correlatie met incubatie bij 29 °C het hoogst voor de stikstof, die in totaal was vrijgekomen na 85 dagen (r = 0.77+). Dan volgde de incubatie bij 10 °C met de hoeveelheid vrije stikstof na 126 dagen (r = 0.60), terwijl de samenhang met de via percolatie vrijgekomen stikstof uitermate laag was en maximaal bij de langste duur van percoleren (26 dagen, r = 0.30) (tabel 13).

Voor Pyracantha kon de groeitoename wegens de onregelmatige groei slechts voor vier tijdsintervallen nog enigszins betrouwbaar worden gerelateerd aan het effect van de langzaamwerkende meststof. Evenals bij de grassneden werden alleen in de eerste groeiperiode positieve en hoge correlaties gevonden tussen efficiëntie van de langzaamwerkende meststoffen en de toetsmethode via percolatie en incubatie van relatief beperkte duur. Voor de groeireactie van Pyracantha in begin juli op de langzaamwerkende meststoffen zouden een percolatie tot 26 dagen (r = 0.66(+)), een incubatie van 85 dagen bij 10 °C (r = 0,79+) en ook één van 85 dagen bij 29 °C (r = 0,80+) het meest maatgevend zijn.

TABEL 13. Correlatie van het effect van de langzaamwerkende meststoffen op de totale grasproduktie in 1985, vergeleken met kalkammonsalpeter in basis- en bijbemesting, met de stikstof, vrijgekomen bij percolatie en incubatie over 8 tijdsintervallen (correlatiecoëfficiënten)

TABLE 13. **Correlation of the effect of the slow-release fertilizers on the total grass production in 1985, compared with the effect of ammonium nitrate limestone as basal and topdressing, with the nitrogen released during percolation and incubation in 8 periods (correlation coefficients).**

Methode	Tijdsinterval							
	1e	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e
	bij percolatie							
	1e	2e	4e	5+6e	7+8e	9-11e	12-15e	16-26e
	bij incubatie na							
	0e	14e	29e	42e	56e	85e	126e	168e dag
	correlatie met totaal vrijgekomen stikstof							
percolatie	0.13*	0.13	0.14	0.15	0.16	0.18	0.21	0.30
incub. 10°C	0.12	0.17	0.20	0.43	0.35	0.50	0.60	0.26
incub. 29°C	-0.11	0.10	0.02	0.51	0.72	0.77	0.35	-0.56
	correlatie met op onderzochte tijdstip meer vrijgekomen stikstof dan op het vorige tijdstip							
percolatie	0.13	-0.02	0.42	0.46	0.56	0.57	0.65	0.62
incub. 10°C	0.12	0.19	0.09	0.10	0.10	0.24	0.50	-0.56
incub. 29°C	-0.11	0.53	-0.19	0.54	0.39	0.10	-0.44	-0.55

* zie tabel 12

Voor de totale groeireactie aan het eind van het seizoen lijkt de incubatie bij 10 °C gedurende 126 dagen nog enigzins houvast te geven (r = 0,53) als maatstaf voor de stikstofleverantie aan de plant.

Het geringe aantal gegevens van 1984, met slechts vier meststoffen, laat nauwelijks een betrouwbare correlatieberekening toe, te meer daar een groot deel van de getoetste relaties bovendien wordt bepaald door het afwijkend gedrag van Azolon ten opzichte van de drie Osmocote-mengmeststoffen. Toch valt het weer op dat positieve, hoge correlaties met kortdurende percolatie en incubatie alleen werden gevonden voor de eerste vijf grassneden. Een snelle toetsmethode op totaal vrijgekomen stikstof gaf geen inzicht in de werking op de lange duur; de correlatiecoëfficiënten werden bij de late grassneden zelfs negatief, evenals bij de gegevens van 1985. Het relatieve stikstofrendement voor de totale grasproduktie aan het eind van het groeiseizoen werd niet weergegeven door de met de percolatie vrijgekomen stikstof, wel met een langdurige incubatie bij 10 °C gedurende 158 dagen (r = 0.80) en bij

29 °C gedurende 116 dagen (r = 0.80).

De aanvankelijk positieve en later negatieve samenhang van het rendement bij de opeenvolgende grassneden met de in totaal vrijgekomen stikstof uit percolatie en incubatie zou een ander beeld kunnen krijgen als niet de sommatiecurve, maar de toename in vrijgekomen stikstof van het ene tijdsinterval naar het volgende wordt genomen. Het aanvankelijk snel vrijkomen door onvoldoende coating, onvoldoende polymerisatie, of bijmengen van snelwerkende meststoffen zou zo worden uitgesloten en het vrijkomen bij langere percolatie of incubatie duidelijker naar voren komen. Inderdaad was voor de gegevens van 1985 het effectieve rendement in de drie eerste sneden het hoogst gecorreleerd met de percolatiehoeveelheid van de eerste dag (r = 0.72+ - 0.84++) en de incubatie van de 0e en 14e dag (r bij 10 °C = 0.47 - 0.90++ en bij 29 °C (r = 0.58 - 0.77+). De aan het eind van het groeiseizoen verkregen rendementen in de grassneden waren nu duidelijk positief gecorreleerd met de hoeveelheid stikstof die in de laatste intervallen bij de percolatie was vrijgekomen (r = 0.41 - 0.75+) (tabel 12). De curven voor de vrijgekomen stikstof waren voor de incubatieproef onregelmatig, veel onregelmatiger dan bij de percolatieproef. Soms was er een onverklaarbare terugval in de in totaal vrijgekomen stikstof in een volgende bemonstering. Ook al wordt deze onregelmatigheid buiten beschouwing gelaten, dan nog is er geen duidelijke correlatie tussen rendement van de stikstof in de laatste grassneden en de hoeveelheid stikstof vrijgekomen in de laatste tijdsintervallen in de incubatieproef. De efficiëntie van de langzaamwerkende meststof over het gehele seizoen was het sterkst gecorreleerd met de vrijgekomen stikstof in de laatste drie tijdsintervallen in de percolatieproef (r = 0.57 - 0.62), en met de stikstof in de incubatieproef nog vrijgekomen na 85 en na 126 dagen bij 10 °C (r = 0.24 en 0.50) en vrijgekomen na 42 en na 56 dagen bij 29 °C (r = 0.54 en 0.39) (tabel 13).

Ook de weinige gegevens van 1984 suggereren een positieve correlatie tussen efficiëntie van de meststoffen in de eerste grassneden en de eerste beschikbare stikstof bij percolatie en incubatie, en voor de laatste sneden een relatie met de hoeveelheden vrijgekomen stikstof in de laatste etappen van de percolatie (r = 0.82 - 0.92 (+)), en bij lange incubatie bij 10 °C (verschil tussen 57 en 43 dagen r = 0.96+ - 0.99++).

Als de gegevens van 1984 en 1985 gezamenlijk worden geanalyseerd, wordt het hiervoor beschreven beeld in grote lijnen bevestigd. De hoge positieve correlatie van efficiëntie van de langzaamwerkende meststoffen

in de eerste grassneden met de totale hoeveelheid vrijgekomen stikstof in de eerste intervallen in percolatie en incubatie bleef bestaan, maar voor de laatste sneden was er geen positieve, soms een negatieve correlatie. Als echter de correlatie met de stikstof vrijgekomen in een bepaald interval werd berekend, dan waren er weer positieve correlaties, zowel bij de eerste sneden met direct beschikbare stikstof of in het eerste tijdsinterval vrijgekomen stikstof als voor de laatste grassneden met de laatste twee intervallen bij de percolatieproef (r = 0.57 - 0.71++ voor de stikstof vrijgekomen tussen 16 en 26 dagen) en ook met de vrijgekomen stikstof in de incubatieproef met 42 dagen t.o.v. 29 bij 10 ^{o}C (r = 0.40 - 0.46).

Bij Pyracantha werd geen verbetering van de relatie gevonden tussen stikstofrendement van de langzaamwerkende meststoffen aan het eind van het groeiseizoen en de in de laatste perioden vrijgekomen stikstof in de incubatie- en de percolatieproef.

Wordt de totale grasproduktie aan drogestof in 1985 genomen als maatstaf, dan is de correlatie met de totale hoeveelheid vrijgekomen stikstof zwak voor de percolatieproef, bij incubatie bij 10 ^{o}C het hoogst na 126 dagen (r = 0.61), en bij 29 ^{o}C na 85 dagen (r = 0.75+). Voor de totale hoeveelheid door het gras opgenomen stikstof was er wel een bijna betrouwbare correlatie met de hoeveelheid stikstof, vrijgekomen na 26 dagen percolatie (r = 0.70(+)). Voor de twee hiervoorgenoemde incubatieperioden waren de correlatiecoëfficiënten resp. 0.91++ en 0.51. Voor de produktie aan gewas en stikstofopname door de Pyracantha was de hoeveelheid stikstof, vrijgekomen aan het eind van de percolatie en de hoeveelheid vrijgekomen gedurende een periode omstreeks het midden van de incubatieproef bij 10 ^{o}C, meer maatgevend dan de totale hoeveelheid vrijgekomen stikstof tot de aangegeven tijdstippen.

In 1985 was de efficiëntie van de langzaamwerkende meststoffen voor de eerste grassneden sterk negatief gecorreleerd met de uitkomsten van N-slow-release-methode, en die voor de produktie van de laatste grassneden sterk positief (tabel 12). De correlaties waren hoger als de relatieve analysecijfers, betrokken op het totale N-gehalte, genomen werden, maar de totale efficiëntie was er niet mee gecorreleerd. De analysemethode zou dus de werking op lange duur kunnen aangeven. Met de efficiëntie bij Pyracantha was er geen duidelijke relatie. Er was een sterke negatieve correlatie van N-slow-release met de stikstof vrijgekomen bij de eerste dag van percolatie en met de stikstof aanwezig op de eerste dag van de incubatie. Deze negatieve relaties zijn gewenst,

want zij geven aan dat geen snelwerkende stikstof door deze analysemethode wordt bepaald.

5. DISCUSSIE

Langzaamwerkende meststoffen, gegeven bij het planten en poten, hebben als voordeel dat ze het gewas verder in het groeiseizoen van voeding voorzien zonder extra arbeid. Er wordt ook gesteld dat het gebruik ervan tot betere opbrengst en kwaliteit zou leiden. Dit is zeker in zijn algemeenheid niet het geval (Van der Boon en Das, 1981). Deze groeiverbetering zou berusten op het feit dat het vrijkomen van de voedingsstoffen de behoefte van het gewas zou volgen. Dit is echter nauwelijks voor te stellen bij de vele soorten van gewassen, de wisselende weersomstandigheden en verscheidenheid van gronden. Bij eenjarige gewassen is de opname van de voedingsstoffen aanvankelijk gering. Daarna neemt de groei exponentiëel toe om vervolgens in het algemeen weer af te vlakken. In zekere mate verloopt het vrijkomen van de voedingsstoffen uit de langzaamwerkende meststoffen op dezelfde wijze, maar de groeisnelheid van de plant en de snelheid van vrijkomen van de meststof zullen niet altijd met elkaar overeenkomen, wat in de ene periode tot een tekort en in een andere periode tot overmaat kan leiden. Tegenover het gebruik van langzaamwerkende meststoffen staat de frequente bijbemesting, waarmee waarschijnlijk beter kan worden ingespeeld op de voedingsbehoefte van het gewas op een bepaald moment. Door de aanwezigheid van de moderne apparatuur, waarbij het toedienen van de bijbemesting wordt gecombineerd met het water geven, is het argument van extra arbeid nauwelijks meer doorslaggevend. Bij dit systeem, fertigatie of bemesting via de regenleiding in kassen, kan het optreden van een meststoftekort of -overmaat door periodiek grondonderzoek worden vastgesteld, zodat aan de werkelijke behoefte van de plant op een zeker moment beter kan worden voldaan. Als een langzaamwerkende meststof is toegepast, dan staat vooralsnog geen grondanalysemethode ter beschikking die voorspelt hoeveel meststof na de bemonstering van de grond nog zal vrijkomen. Om een idee te krijgen van de afgifte van voedingsstoffen uit de langzaamwerkende meststoffen op een bepaald moment zou het afzuigvocht of lekwater kunnen worden geanalyseerd (Holcomb, 1982).

Er zijn vele soorten langzaamwerkende meststoffen, die verschillen in het mechanisme van vrijkomen. De invloed van vochtgehalte, temperatuur, bacteriële activiteit, grondsoort en pH, maar ook van de korrelgrootte van de langzaamwerkende meststof, zal bij de verschillende soorten

meststoffen verschillend zijn (Allen, 1984; Bredakis and Steckel, 1963; Jürgens-Gschwind, 1974; Maynard and Lorenz, 1979; Sharma, 1979). De snelheid van vrijkomen zou in eerste instantie met de temperatuur moeten correleren (Jung, 1961) en weinig moeten worden beïnvloed door de bodemomstandigheden (Atsushi et al., 1980; Barron, 1974). Er is behoefte aan een systeem van waardering waarmee beter kan worden bepaald waar, waarom en wanneer een bepaalde langzaamwerkende meststof de voorkeur verdient. Door fabrikanten worden steeds nieuwe langzaamwerkende meststoffen ontwikkeld die op hun werking dienen te worden getoetst. Ook daarom is het gewenst om een betrouwbare toetsmethode te hebben die niet al te veel tijd vraagt. Er zijn tot nu toe diverse toetsmethoden ontwikkeld. Een van de meest gebruikte is de incubatiemethode, waarbij de mate van vrijkomen van minerale stikstof een goede correlatie zou vertonen met de gewasreactie (Sharma, 1979). Volgens het literatuuroverzicht van Verstraeten (1973) is de incubatietest de beste, maar een nadeel ervan is de lange tijdsduur.

In het hier beschreven onderzoek met een beperkt aantal meststoffen werd een poging gedaan meer inzicht te krijgen in enkele toetsmethoden. Hierbij bleek dat, voor een goede reproduceerbaarheid, de uitvoering van een percolatie- en incubatietoets aan hoge eisen moet voldoen. De omstandigheden waaronder de toets plaats heeft moeten zorgvuldig worden geconditioneerd. Het vrijkomen van de voedingsstof verloopt eerst vrij snel, wat het gevolg kan zijn van onvolkomenheden in de coating (Patel and Sharma, 1977; Maynard and Lorenz, 1979) of van bijmenging van snelwerkende meststoffen. Daarna heeft vaak een afvlakking plaats, weer gevolgd door een versnelde afgifte. Volgens Chardon (pers. meded.) is de curve van vrijkomen van voedingsstoffen uit meststoffen een integratie van verschillende afgiftesnelheden van korrels van verschillende grootten. Het aanvankelijk snel vrijkomen van de meststoffen kan tot ongewenste resultaten leiden, wat in de proef met Pyracantha naar voren kwam. Voor de praktijk wordt daarom aanbevolen het doormengen van de langzaamwerkende meststof door de potgrond zo kort mogelijk voor het gebruik en het planten van het gewas uit te voeren, zodat geen zoutschade door een teveel aan in oplossing gekomen voedingsstoffen kan optreden.

De relatie tussen het effect van de langzaamwerkende meststoffen op de grasopbrengst van de diverse sneden, en de stikstof vrijgekomen in de percolatie- en de incubatieproef toonde aan dat de werkingsduur van de meststoffen niet wordt aangegeven door de stikstof vrijgekomen in de eerste dagen, maar door de stikstof die pas na verloop van verscheidene

dagen vrijkomt. Dit maakt de wens naar een snel resultaat voor de bepaling van de waarde van de meststof min of meer een illusie. Als percolatie en incubatie worden gebruikt, lijkt de werking van een langzaamwerkende meststof over de lange duur het best te worden weerspiegeld in de totale hoeveelheid vrijgekomen stikstof, verminderd met de hoeveelheid die in de eerste vier dagen (percolatie) of de eerste 14 dagen (incubatie) is vrijgekomen. Bij het gebruik van de percolatie, waar door het dagelijks opgieten de grond met water verzadigd blijft, is het de vraag of ondanks luchtgebrek de microbiële omzettingen toch voldoende zijn voor die meststoffen waarbij het vrijkomen op afbraak berust. Van de chemische bepalingen lijkt de N-slow-release-methode mogelijkheden te bieden. De activiteitsindex blijkt maar voor bepaalde soorten langzaamwerkende meststoffen bruikbaar; deze methode was speciaal voor ureumformaldehyden ontwikkeld.

Bij de diverse analysemethoden kwamen verschillen naar voren in de mate van vrijkomen, afhankelijk van de werkingsduur zoals door de fabrikant aangegeven. Bij geen van de meststoffen kwam echter alles vrij of zoveel vrij als was aangegeven (tabel 3 en 4). Na het groeiseizoen kunnen nog voedingsstoffen in het milieu vrijkomen (Van der Boon en Van Elk, 1986).

De gebruikte analysemethoden voor de waardering van langzaamwerkende meststoffen gaven dus onvoldoende houvast. Goh (1979) stelt dat de resultaten van percolatie moeten worden geverifieerd onder praktijkomstandigheden voordat zij kunnen worden gebruikt voor bemestingsprogramma's. Er zal aan de verdere ontwikkeling gewerkt moeten worden. Zolang geen snelle bepaling ter beschikking staat zouden nieuwe meststoffen naast bepaling van het N-slow-release-gehalte en naast een incubatieproef met een standaard grondmengsel bij lage en hoge temperatuur als eerste oriëntering, in een potproef met een representatief gewas verder op hun werking moeten worden onderzocht in vergelijking met een qua reactie bekende en betrouwbare langzaamwerkende meststof van dezelfde werkingsduur, b.v. een van de Osmocotemeststoffen. Van deze meststoffen zou een voorraad voor meerdere proefjaren moeten worden aangelegd (mits de kwaliteit hiervan tijdens de opslag niet verandert).

6. SAMENVATTING

Bij de teelt van boomkwekerijgewassen in pot worden diverse soorten langzaamwerkende meststoffen gebruikt. Het is gewenst een snelle methode te vinden om de bruikbaarheid van dergelijke meststoffen te evalueren.

In 1984 werden vier langzaamwerkende mengmeststoffen onderzocht naast kalkammonsalpeter als vergelijkende snelwerkende meststof, en in 1985 dezelfde vier en nog vier andere. Als toetsmethoden werden chemische laboratoriummethoden gebruikt als Activity Index en N-slow-release, en percolatie en incubatie bij twee temperaturen. Als maatstaf voor de reactie van het gewas werd in beide jaren een potproef uitgevoerd met raaigras, en in het tweede proefjaar ook een potproef met Pyracantha.

De Activity Index was alleen bruikbaar bij meststoffen op basis van ureumformaldehyde, de N-slow-release-bepaling werd bij alle meststoffen uitgevoerd. Bij de percolatieproef bleef een meststof op basis van ureumformaldehyde in stikstofleverantie achter, waarschijnlijk door onvoldoende microbiële afbraak in het waterverzadigde milieu. Bij incubatie bij 10 ^{o}C verliep het vrijkomen van stikstof langzamer dan bij 29 ^{o}C. In het laatste geval kwam van enkele meststoffen een groot deel vrij, bij andere veel minder dan door de fabrikant aangegeven. Bij langdurige incubatie, vooral bij hoge temperatuur, kan weer stikstof verloren gaan door denitrificatie. Aan de uitvoering van percolatie en incubatie moeten hoge eisen worden gesteld.

De werking van de langzaamwerkende meststoffen in de tijd werd door periodieke grasoogsten vastgelegd. De efficiëntie van de stikstofleverantie werd bepaald aan de hand van de stikstof, opgenomen in het bovengronds gewas, in vergelijking met het effect van kalkammonsalpeter, gegeven in basis- en bijbemesting na elke grassnede. De groei van Pyracantha was onregelmatig als gevolg van te hoog gekozen stikstoftrappen, waarbij sommige langzaamwerkende meststoffen bovendien schade gaven doordat een deel van de stikstof al snel vrijkwam kort na het planten. Aan het eind van het groeiseizoen was bij bepaalde meststoffen nog duidelijk in water oplosbare stikstof in de potgrond aanwezig.

Door het betrekkelijk geringe aantal meststoffen was het moeilijk een betrouwbare relatie te leggen tussen de efficiëntie van de meststof bij gras en Pyracantha en de bepaling van de stikstofleverantie, chemisch en via percolatie en incubatie. Voor de eerste grassneden en groei van

Pyracantha in het begin van het seizoen, was de stikstof vrijgekomen na korte termijn tijdens percolatie en incubatie goed gecorreleerd met de uit de groei van de gewassen afgeleide stikstofefficiëntie van de langzaamwerkende meststoffen. Aan het eind van de groeiperiode was de totale hoeveelheid stikstof vrijgekomen tijdens de percolatie en incubatie niet maatgevend voor de groeireactie, maar wel de hoeveelheid, die alsnog vrij kwam na een bepaalde tijd van percoleren of incuberen. De N-slow-release-cijfers waren positief gecorreleerd met de efficiëntie van de langzaamwerkende meststoffen in de laatste grassneden, maar niet met de totale efficiëntie.

7. SUMMARY

Different types of slow-release fertilizers are used in the production of nursery plants in pots. It would be desirable to develop a rapid, standard method to evaluate the usefulness of such fertilizers.

In 1984, four slow-release NPK fertilizers were tested for their N-release characteristics in comparison with ammonium nitrate limestone; in 1985, the tests were continued with the same four materials and an additional four. As testing methods, chemical procedures as Activity Index and N-slow-release were used, as well as percolation and incubation, the latter at two temperatures. To test plant response, pot experiments with ryegrass were carried out in both years, and a pot experiment with Pyracantha in the second year only.

The Activity Index was useful only for ureaformaldehydes; the N-slow-release analysis (amount of N dissolved in 30 minutes in water cooling down from 100 ^{o}C) was carried out for all fertilizers. Compared with the other materials, the amount of nitrogen released from the ureaformaldehyde polymer in the percolation experiment was lower, probably due to reduced microbial decomposition in the soil column that was continuously water-saturated. Release of nitrogen was slower during incubation at 10 ^{o}C than at 29 ^{o}C. At the higher temperature some of the fertilizers released a large fraction of their nitrogen, but others much less than stated by the manufacturer. During prolonged incubation, especially at high temperatures, nitrogen released may be lost again due to denitrification. To obtain reliable results, percolation and incubation procedures should be carried out with the utmost care.

The time course of nitrogen release from the fertilizers was monitored by cutting and analyzing ryegrass periodically. The efficiency of nitrogen release was determined by comparing the amount of nitrogen taken up by the crop from the various slow-release materials with the amount taken up from ammonium nitrate limestone, applied as a basal dressing and topdressing after each cut. Growth of Pyracantha was irregular due to the fact that the nitrogen application rates were too high; also, very rapid initial release of nutrients by some of the fertilizers caused root damage and reduced growth. Analysis of the potting soil at the end of the growing season showed that an appreciable amount of water-soluble nitrogen was still present in some of the treatments.

In view of the relatively small number of fertilizers investigated a significant relation between fertilizer efficiency - in terms of growth of grass and Pyracantha - and the amount of nitrogen released by chemical means or by percolation and incubation can scarcely be expected. However, when grass yields of the first cuts and early growth of Pyracantha are considered, nitrogen efficiency was well-correlated with the amount of nitrogen released during a short period of incubation or percolation. At the end of the growing season the total amount of nitrogen released during percolation or incubation did not correspond with growth response, but the amount released after a certain period of percolation or incubation did. The N-slow-release analysis figures were positively correlated with the efficiency of the slow-release fertilizers in the last grass cuts, but not with the total efficiency found over the whole season.

8. LITERATUUR

Aendekerk, Th.G.L., 1985. Toetsing langzaamwerkende meststoffen. Verslag Proefstation Boomkwekerij, Boskoop, 4 pp., 2 tab.

Aendekerk, Th.G.L. en L.W. de Jong, 1986. Gebruikswaarde-onderzoek van langzaamwerkende meststoffen. Verslag Proefstation Boomteelt en Stedelijk Groen, Boskoop, 4 pp., 1 bijl.

Allen, S.E., 1984. Slow-release nitrogen fertilizers. In: R.D. Hauck, ed., Nitrogen in crop production. Am. Soc. Agron., Madison, pp. 195-206.

Arnold Bik, R., 1970. Nitrogen, salinity, substrates and growth of Gloxinia and Chrysanthemum. Pudoc, Wageningen, 89 pp.

Association of Official Analytical Chemists, 1970, 1975. Official methods of analysis, 11th and 12th ed. AOAC, Arlington, VA, USA.

Atsushi Shibata, Toshio Fujita and Shotaro Maeda, 1980. Nutricote, coated fertilisers processed with polyolefin resins. Acta Hortic. 99: 179-186.

Bakker, J., 1970. De stikstofwerking van ureum-formaldehyde condensaten (Nitroform) en ureumcrotonaldehydecondensaten (Floranid) als langzaamwerkende stikstofmeststoffen. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 8-1970, 27 pp.

Barron, H.M., 1974. The use of slow-release fertilizers. Combined Proc. Inst. Plant Prop. Soc. 24: 221-229.

Boon, J. van der en A. Das, 1981. Een langzaamwerkende mengmeststof voor boomteeltgewassen in pot. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 10-81, 75 pp.

Boon, J. van der en B.C.M. van Elk, 1986. Uitspoelingsverliezen bij teelt van boomkwekerijgewassen in pot. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 1-86, 126 pp.

Bredakis, E.J. and J.E. Steckel, 1963. Leachable nitrogen from soils incubated with turfgrass fertilizers. Agron. J. 55: 145-147.

Goh, K.M., 1979. Evaluation of potting media for commercial nursery production of container-grown plants. N. Z. J. Agric. Res. 22: 163-171.

Haan, S. de und C.H.E. Werkhoven, 1975. Die Wirkung des Stickstoffs in langsamwirkenden synthetisch-organischen Stickstoffdüngemitteln oder Mischdüngern mit einer langsamwirkenden Stickstoffkomponente.

Z. Pflanzenernähr, Düng. Bodenkd., 138: 349-360.

Hignett, T., 1985. Controlled-release fertilizers. Fertilizer Manual, Martinus Nijhoff, Dordrecht, pp. 278-283.

Holcomb, E.J.A., 1982. A management plan for slow release fertilizers. Pennsylvania Flower Growers, Bull. 342, 1,6.

Jung, J., 1961. Uber langsam wirkende Stickstoffverbindungen, insbesondere Crotonylidendiharnstoff. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkd. 94: 39-47.

Jürgens-Gschwind, S., 1974. Slow-release nitrogen fertilizers - Their properties and advantages. Mitt. für der Landbau, BASF, Ludwigshafen, 66 pp.

Lunt, O.R. and J.J. Oertli, 1962. Controlled release of fertilizer minerals by incapsulating membranes. II. Efficiency of recovery, influence of soil moisture, mode of application and other considerations related to use. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 26: 584-587.

Maynard, D.N. and O.A. Lorenz, 1979. Controlled-release fertilizers for horticultural crops. Hort. Rev. 1: 79-140.

Oertli, J.J. and Lunt, O.R., 1962. Controlled-release of fertilizer minerals by incapsulating membranes. I. Factors influencing the rate of release. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 26: 579-583.

Patel, A.J. and G.C. Sharma, 1977. Nitrogen release characteristics of controlled-release fertilizers during a four month soil incubation. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 102: 364-367.

Prasad, M. and P.A. Gallagher, 1972. Sulphur coated urea, casein and other slow released nitrogen fertilizers for tomato production. Acta Hortic. 26: 165-174.

Rutten, Th., 1980. Osmocote (R) controlled release fertiliser. Acta Hortic. 99: 187-188.

Savant, N.K., J.R. Clemmons and A.F. James, 1982. A technique for predicting urea release from coated urea in wetland soil. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 13: 793-802.

Sharma, G.C., 1979. Controlled-release fertilizers and horticultural application. Scientia Hortic. 11: 107-129.

Tamimi, Y.N., D.T. Matsuyama and C.L. Robbins, 1983. Release of nutrients from resin coated fertilizers as affected by temperature and time. Res. Ext. Series Hawaii Inst. Trop. Agric. Human Resources No. 037: 59-73.

Verstraeten, L., 1973. Traagwerkende stikstofmeststoffen. Agricultura 21: 67-145.