

Toevoegen van nitrificatieremmer aan dunne rundermest op grasland, 2003

Literatuurstudie en oriënterend veldonderzoek



februari 2004

Rapport 20

Nutriënten Management Instituut-rapport 928.03



Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group/Praktijkonderzoek
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad
Telefoon 0320 - 293 211
Fax 0320 - 241 584
E-mail : koeienenkansen.po.asg@wur.nl.
Internet <http://www.koeienenkansen.nl>

Redactie

Koeien & Kansen

© Animal Sciences Group

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Bestellen

ISSN 0169-3689
Eerste druk 2004/oplage 250
Prijs € 15,-

Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch, per E-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.

'Koeien & Kansen'

is een samenwerkingsproject van 17 melkveehouders, PV, PRI, LEI, NMI, CLM en IMAG

Doel is het in de praktijk ontwikkelen, onderzoeken en demonstreren van duurzame melkveehouderij onder uiteenlopende omstandigheden op diverse grondsoorten



Toevoegen van nitrificatieremmer aan dunne rundermest op grasland, 2003

Literatuurstudie en oriënterend veldonderzoek

R.F. Bakker
D.J. den Boer

Nutriënten Management Instituut NMI

Voorwoord

Eén van de doelstellingen van het project 'Koeien & Kansen' is het voldoen aan de milieueisen. Daarvoor is mineralenmanagement op het scherpst van de snede vereist. Een kernactiviteit in het mineralenmanagement is het optimaliseren van de stikstofbemesting. In dit kader is het zeer wenselijk de beschikbare stikstof (N) maximaal te benutten. Eén van de mogelijkheden is het gebruik van voorjaarsmeststoffen. Uit 'Koeien & Kansen'-rapport nummer 15: "Meer gras met minder stikstof; Voorjaarsmeststoffen op grasland, 2001 en 2002" blijkt dat een betere N-efficiëntie bereikt kan worden door het gebruik van voorjaarsmeststoffen. Een mogelijk alternatief is het toevoegen van een effectieve nitrificatieremmer aan de dunne rundermest bij het uitrijden in het voorjaar.

Dit rapport bevat de resultaten van een literatuurstudie naar de mogelijkheden van het gebruik van dimethylpyrazolfosfaat (DMPP) als nitrificatieremmer en een eventuele residuwerking ervan. In 2003 is op een aantal 'Koeien & Kansen'-bedrijven tevens een oriënterende praktijktoets met de nitrificatieremmer DMPP uitgevoerd. De resultaten zijn weergegeven in dit rapport.

Graag willen we de bedrijven die deelgenomen hebben aan dit onderzoek bedanken voor hun inzet. De nitrificatieremmer DMPP is beschikbaar gesteld Compo Benelux NV. In het bijzonder willen we onze stagiair Mark van Santen bedanken voor zijn bijdrage aan dit onderzoek.

R.F. Bakker en D.J. den Boer

Samenvatting

In het voorjaar is de periode tussen het toedienen van de meststoffen en de oogst van een snede gras vrij lang. In deze periode is de hoeveelheid neerslag vaak groter dan de vochtonttrekking door het gewas en de verdamping. De stikstof (N) kan dan verloren gaan door uitspoeling of denitrificatie. Onderzoek in het verleden heeft aangetoond dat het gebruik van voorjaarsmeststoffen als ammoniumsulfaatsalpeter (ASS) en zwavelzure ammoniak (ZA) een positief effect heeft op de opbrengst en de N-benutting. Voorjaarsmeststoffen bevatten meer N in de vorm van ammonium dan van nitraat. Door het toevoegen van een nitrificatieremmer aan de kunstmest wordt dit positieve effect nog vergroot. Een voorbeeld van een nitrificatieremmer is dimethylpyrazolfosfaat (DMPP). Entec26 is ASS waaraan deze nitrificatieremmer is toegevoegd.

Voorjaarsmeststoffen bevatten naast ammoniumnitraat veelal ammoniumsulfaat of ammoniumfosfaat. Op gronden met een lage S-behoefte en waarop geen aanvulling met kunstmestfosfaat nodig is, is het gebruik van deze meststoffen minder gewenst. Een alternatief kan zijn het toevoegen van een nitrificatieremmer aan de dunne rundermest. Eerder onderzoek gaf aan dat met het gebruik van ASS als voorjaarsmeststof en het toevoegen van DMPP aan de mest een zelfde opbrengstverhoging en verbetering van de N-benutting gerealiseerd kan worden als met het gebruik van Entec26. ASS bevat echter zwavel. Een belangrijke vraag is nu in hoeverre de opbrengst en de N-benutting verhoogd kunnen worden door het toevoegen van DMPP aan de mest en het gebruik van KAS als kunstmest. Dit rapport bevat een literatuurstudie over het gebruik van DMPP als nitrificatieremmer en geeft de resultaten van een praktijktoets in 2003 op drie 'Koeien & Kansen'-bedrijven, waar bij het uitrijden van de dunne rundermest DMPP aan die mest is toegevoegd.

Literatuurstudie

DMPP vertraagt de nitrificatie met 4-10 weken. De effectieve periode hangt af van een aantal factoren:

- ◆ De temperatuur. Hoe lager de temperatuur, des te langzamer wordt DMPP afgebroken.
- ◆ De vochtigheid van de bodem. Het remmende effect van DMPP is groter naarmate de grond natter is.
- ◆ Het lutumgehalte van de grond. Bij een lager lutumgehalte is er meer DMPP opgelost in het bodemvocht. De werking is dan groter.
- ◆ DMPP is echter beter bestand tegen afbraak door micro-organismen wanneer het is gebonden in plaats van opgelost in het bodemvocht. De werkzame periode op een kleigrond is dus langer dan op een schrale zandgrond.

De effectiviteit van DMPP is dus het grootst wanneer de kans op het verlies van N het grootst is, namelijk bij lage temperaturen, in vochtige bodems en op uitspoelingsgevoelige gronden. Het gebruik van DMPP als nitrificatieremmer leidt tot een hogere opbrengst of een gelijke opbrengst bij een lager gebruik aan meststoffen. DMPP vermindert de nitraatuitspoeling en verlaagt de emissie aan broeikasgassen. Het bevordert de afbraak van CH₄ in de bodem.

Andere in de literatuur genoemde nitrificatieremmers zijn Nitrapyrin en dicyaandiamide (DCD). Nitrapyrin is bijtend en explosief en er zijn aanwijzingen dat het schadelijk is voor het milieu. DCD heeft een betrekkelijk lage werking. Bij toevoegen aan dunne mest is er daardoor 10-30 kg ha⁻¹ nodig. Bovendien is DCD uitspoelingsgevoelig. Beide nitrificatieremmers worden vanwege de

genoemde nadelen niet meer gebruikt. Van DMPP is 0,5-1,5 kg ha⁻¹ nodig. Het is niet bijtend of explosief.

Het veeljarig gebruik van DMPP heeft geen invloed op de snelheid waarmee het wordt afgebroken. De afbraakproducten van DMPP worden gebonden aan de afbraakproducten van organische materiaal. In het grondwater zijn geen concentraties aan DMPP aangetroffen boven de detectiegrens.

Praktijktoets

De praktijktoets is uitgevoerd op drie 'Koeien & Kansen'-bedrijven: een bedrijf op uitspoelingsgevoelige zandgrond, een bedrijf op niet uitspoelingsgevoelig zand en een bedrijf op jonge zeeklei. Per bedrijf zijn er vier varianten aangelegd, te weten

- KAS + dunne rundermest (drm) zonder DMPP;
- KAS + drm met DMPP;
- Entec26 + drm zonder DMPP; en
- ASS + drm met DMPP.

Het jaar 2003 werd gekenmerkt door een droog voorjaar. In dit voorjaar gaf

- Entec26 + drm zonder DMPP geen hogere opbrengst dan KAS + drm zonder DMPP;
- KAS + drm met DMPP een licht hogere opbrengst (4%) dan KAS + drm zonder DMPP; en
- ASS + drm met DMPP een wat lagere opbrengst dan de andere varianten.

In het voorjaar van 2003 is er waarschijnlijk geen uitspoeling of denitrificatie opgetreden. Het nitraat uit KAS kon dus even goed presteren als de stikstof uit een voorjaarsmeststof. De gemiddeld wat lagere opbrengst van ASS + drm met DMPP is opmerkelijk. Mogelijk heeft de DMPP uit de drm de nitrificatie in de mest en de ASS zodanig geremd dat het gras weinig nitraat op kon nemen. De lagere opbrengst kwam op de zandbedrijven vooral naar voren in de eerste snede en op de klei vooral in de tweede snede. Dit komt overeen met de langere werkingsduur op kleigrond. In de tweede snede was ook de opbrengst op de varianten met Entec26 en KAS + drm met DMPP lager. Mogelijk heeft de DMPP in dit droge jaar ook de nitrificatie van de voor de tweede snede gegeven KAS geremd.

De resultaten van het droge voorjaar 2003 komen niet overeen met de resultaten uit eerder onderzoek met een normale of ruime vochtvoorziening in het voorjaar. In die situaties leidt het gebruik van voorjaarsmeststoffen tot een hogere opbrengst en N-benutting. Het effect van een voorjaarsmeststof wordt nog vergroot door het toevoegen van een nitrificatieremmer aan de kunstmest. In het voorjaar van 1999 is op een humusrijke zandgrond het effect nagegaan van het toevoegen van DMPP aan dunne mest. In dat jaar verhoogde het toevoegen van DMPP aan de mest de grasopbrengst bij gebruik van ASS. ASS + DMPP toegevoegd aan de mest gaf een zelfde opbrengst als Entec26, waar de DMPP toegevoegd is aan de kunstmest.

Conclusies

In de literatuur komt DMPP naar voren als een nitrificatieremmer met een groot aantal positieve effecten. De negatieve aspecten voor het milieu zijn waarschijnlijk beperkt.

Het toevoegen van DMPP aan mest of kunstmest in een voorjaar met een normale of ruime vochtvoorziening leidt tot een hogere N-benutting.

In het droge voorjaar van 2003 kon niet worden vastgesteld in welke mate de opbrengst en N-benutting worden verhoogd door het toevoegen van DMPP aan de mest bij het gebruik van KAS als kunstmest. Dit is van belang op gronden waarop het gebruik van een zwavel- of fosfaathoudende voorjaarsmeststof niet gewenst is.

Om structuurbederf te voorkomen wordt mest op bouw- en maïsland in het najaar toegediend. Er is onvoldoende informatie in hoeverre de N-benutting is te verbeteren door het toevoegen van DMPP aan deze mest.

Inhoudsopgave

Voorwoord	i
Samenvatting	ii
1 Inleiding	1
2 Literatuurstudie DMPP	2
2.1 Inleiding	2
2.2 Ontwikkeling van nitrificatieremmers	3
2.3 Groepen nitrificatieremmers	3
2.4 Werking en eigenschappen van DMPP	4
2.5 Emissie van stikstofgassen	6
2.6 Uitspoeling van nitraat	6
2.7 Methaanoxidatie	7
2.8 Gewasopbrengst	8
2.9 CO ₂ -emissie	8
2.10 Denitrificatie	9
2.11 Residuen in grondwater en gewassen	9
3 Proefuitvoering	11
3.1 Opzet	11
3.2 Toedienen van DMPP aan mest	12
3.3 De gerealiseerde bemesting	12
3.4 Het weer	13
3.5 Opbrengstbepaling en gewasanalyse	14
3.6 Statistische analyse	14
4 Resultaten	15
4.1 Opbrengst eerste snede en voederwaarde	15
4.2 Opbrengst tweede snede en voederwaarde	16
4.3 Totale opbrengst en gemiddelde gewaskwaliteit	18
4.4 DVE, OEB en minerale samenstelling	19
Discussie	21
Literatuur	25

Bijlagen	28
Bijlage 1 Geselecteerde proefpercelen en bodemvruchtbaarheid in 2003	28
Bijlage 2 Bemesting proefpercelen in 2003	29
Bijlage 3 Samenstelling en werking dunne rundermest in 2003	30
Bijlage 4 Bemestings-, bemonsterings- en oogstdata in 2003	31
Bijlage 5 Weersomstandigheden in 2003	32
Bijlage 6 Analyse-uitslagen van de eerste en tweede snede in 2003	34

1 Inleiding

Eén van de doelstellingen van 'Koeien & Kansen' is het optimaliseren van de N-bemesting. In de eerste fase van het project (1999-2003) gebeurde dit binnen het kader van MINAS. In de tweede fase zal dit plaatsvinden binnen het kader van de gebruiksnormen. Een belangrijk aspect hierbij is het verhogen van de N-efficiëntie. Een betere efficiëntie leidt tot lagere N-verliezen en bij een gelijke bemesting tot een hogere gewasopbrengst.

Een betere N-efficiëntie kan worden bereikt door het gebruik van voorjaarsmeststoffen. Een 'Koeien & Kansen'-rapport hierover: 'Meer gras met minder stikstof; Voorjaarsmeststoffen op grasland, 2001 en 2002' is in januari 2003 verschenen. Voorjaarsmeststoffen bevatten meer ammoniumstikstof dan nitraatstikstof. Meestal bevatten deze meststoffen naast ammoniumnitraat ook ammoniumsulfaat of ammoniumfosfaat. Op gronden met een lage S-behoefte en waarop geen aanvulling met kunstmestfosfaat nodig is, is het gebruik van deze voorjaarsmeststoffen minder gewenst. Toepassing van ureumhoudende meststoffen zou dan een optie kunnen zijn. Echter bij ureumhoudende meststoffen kan ammoniakvervluchtiging optreden. Onderzoek in de jaren negentig geeft aan dat ureum gemiddeld niet beter presteert dan KAS. Dit is alleen het geval onder natte omstandigheden. Een alternatief kan zijn het toevoegen van een effectieve nitrificatieremmer aan de dunne rundermest bij het uitrijden.

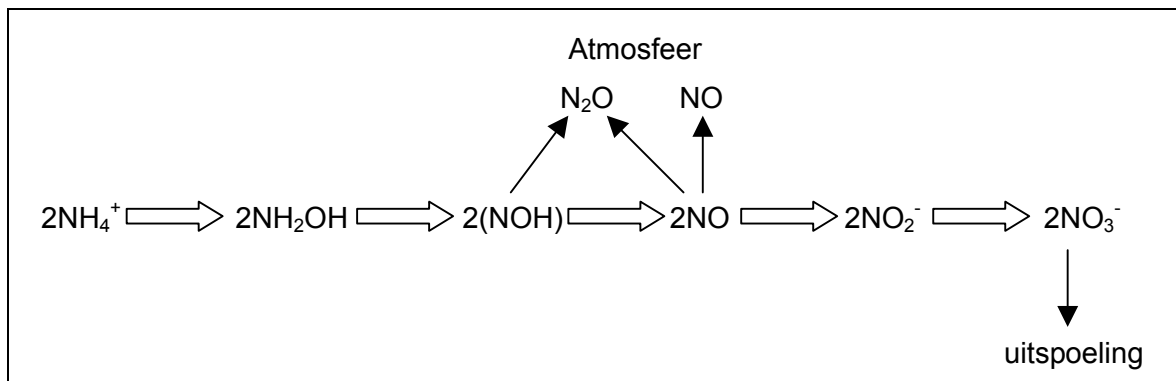
Dit rapport bevat een literatuurstudie over het gebruik van dimethylpyrazolfosfaat (DMPP) als nitrificatieremmer. De resultaten en de opgedane ervaringen uit voorgaande proeven met DMPP toegevoegd aan kunstmest zijn positief. In de literatuur is nagegaan in hoeverre er sprake is van een residuwerking van de DMPP. Dit rapport bevat tevens de resultaten van een praktijktoets op een aantal 'Koeien & Kansen'-bedrijven. Op deze bedrijven op zand en klei zijn objecten aangelegd waarop mest is toegediend met en zonder DMPP als nitrificatieremmer. In deze praktijktoets is tevens nagegaan in hoeverre de N-efficiëntie additioneel kan worden verbeterd door naast het toevoegen van de nitrificatieremmer aan de mest een voorjaarsmeststof te gebruiken.

2 Literatuurstudie DMPP

2.1 Inleiding

Sinds Haber en Bosch in 1914 een manier vonden om met aanvaardbare kosten N uit de lucht te binden, is het gebruik van kunstmest toegenomen (Zerulla *et al.*, 2000). Dit bracht naast grote voordelen, zoals een verhoging van de opbrengst, ook een aantal nadelen voor het milieu met zich mee. Het grootste gedeelte van de toegediende ammonium (NH_4^+) wordt in de bodem redelijk snel omgezet tot nitraat (NO_3^-) door nitrificatie. Een nadeel van NO_3^- is dat het gevoelig is voor uitspoeling (Weiske *et al.*, 2001(b)). Figuur 1 laat dit proces zien.

Figuur 1 Nitrificatie volgens Mosier en Schimel in 1993 (Wozniak *et al.*, 1999).



Een deel van de toegediende N aan de bodem gaat onvermijdelijk verloren als N_2O (Zerulla *et al.*, 2000). Op bouwland heeft nitrificatie een grotere invloed op de emissie van stikstofgassen (N_2O) dan denitrificatie (Weiske *et al.*, 2001(b)). Van de totale N_2O -emissie in de wereld wordt 35% toegeschreven aan de landbouw. Van deze 35% is 10-40% toe te schrijven aan het gebruik van kunstmest (Linzmeier *et al.*, 2001). Door bovengenoemde nadelen kan onder ongunstige omstandigheden tot 40% van de toegediende N verloren gaan. Gras en akkerbouwgewassen zijn goed in staat om stikstof in de vorm van ammonium op te nemen. Om verliezen door nitrificatie, uitspoeling en denitrificatie tegen te gaan is men gestart met het ontwikkelen van nitrificatieremmers. Voordelen van nitrificatieremmers zijn

- lagere N-verliezen en de opname van NH_4^+ door het gewas leiden vaak tot hogere opbrengsten;
- betere N-benutting door planten;
- terugbrengen van de N-gift met gelijkblijvende opbrengsten;
- het voorkomen van hoge gehalten aan nitraat in groenten (Wozniak *et al.*, 1999);
- reductie van nitraatverlies naar grond- en oppervlaktewater;
- een vermindering van de emissie van stikstofgassen met name van N_2O ;
- een significante vermindering van de kans op het uitspoelen van NO_3^- uit kunstmest; en
- een afname van de werkdruk van de boeren door een grotere flexibiliteit in het moment van bemesting en de mogelijkheid van het combineren of uitsparen van werkgangen (Zerulla *et al.*, 2001).

Nitrificatieremmers kunnen dus zorgen voor een verbeterde N-benutting. Een wereldwijde verbetering van 1% in de benutting van N uit kunstmest is begroot op een besparing van \$234.000.000 in meststofkosten (Azam *et al.*, 2001).

2.2 Ontwikkeling van nitrificatieremmers

De ontwikkeling van een nitrificatieremmer kan in grote lijnen vergeleken worden met de ontwikkeling van een gewasbeschermingsmiddel. In beide gevallen wordt uit een groot aantal stoffen gezocht naar een stof die de gewenste eigenschappen bezit (Zerulla *et al.*, 2000). Een nitrificatieremmer moet de volgende eigenschappen bezitten om als ideaal te worden beschouwd voor toepassing in de praktijk:

- efficiënt bij toediening (Wozniak *et al.*, 1999);
- betrouwbare werking;
- persistent (blijft werkzaam voor een adequate periode, in ieder geval zolang het gewas groeit);
- volledig afbreekbaar in een groeiseizoen (geen ophoping);
- geen resistentieopbouw;
- grotendeels overeenkomstig migratiegedrag als substraat (bijv. NH_4^+); het verplaatst zich met de meststof of voedingsoplossing;
- geschikte chemische en omgevingseigenschappen; selectief op Nitrosomonas bacteriën (niet bacteriedodend); niet giftig voor planten, andere bodemorganismen, dieren en mensen;
- economisch in gebruik.

Naast bovenstaande voorwaarden geven de meest studies aan dat een opbrengstverhoging van 300-500 kg ha⁻¹ nodig is om de kosten van de nitrificatieremmer te dekken (Peltonen, 2003).

2.3 Groepen nitrificatieremmers

Uit de literatuur zijn honderden stoffen bekend die de nitrificatie in meer of mindere mate remmen. Het grootste gedeelte van deze stoffen wordt niet commercieel ingezet, omdat de werkzame periode te kort is, ze giftig zijn of andere negatieve ecologische neveneffecten hebben (Zerulla *et al.*, 2000). De verschillende soorten nitrificatieremmers zijn te onderscheiden in de volgende groepen:

- remmers die werken als eindproduct van de cyclus van het enzym Ammonium Monooxygenase;
- remmers die een zwavelcomponent bevatten;
- remmers die een koolwaterstofcomponent bevatten;
- remmers die een heterocyclische component (N-ring) bevatten (McCarthy, 1999).

Nitrificatieremmers die wel worden toegepast binnen de landbouw zijn Nitrapyrin en Dicyaandiamine (DCD). Nitrapyrin wordt vooral gebruikt in de Verenigde Staten. Nitrapyrin is stabiel in koude gronden en levert daarom goede resultaten bij najaars- of wintergebruik. Door het gebruik van Nitrapyrin komen de kosten voor de meststof 15 tot 20% hoger uit (Trenkel, 1997). Nadeel van dit middel is dat het bijtend en explosief is. Ook zijn er steeds meer aanwijzingen dat dit middel schadelijk is voor het milieu.

DCD wordt vooral gebruikt in Europa en in toenemende mate in de Verenigde Staten. Ook DCD liet een hogere N-benutting zien in veldproeven. Het gebruik van DCD verhoogt de kosten met ongeveer 20% (Trenkel, 1997). Een nadeel van DCD is dat het vrij mobiel is in de bodem. Bij grote hoeveelheden neerslag spoelt het zelfs uit, terwijl juist dan de grootste werking nodig is. Ook heeft het een lage activiteit waardoor er grote hoeveelheden per hectare nodig zijn (10-30 kg bij gebruik in combinatie met dunne mest).

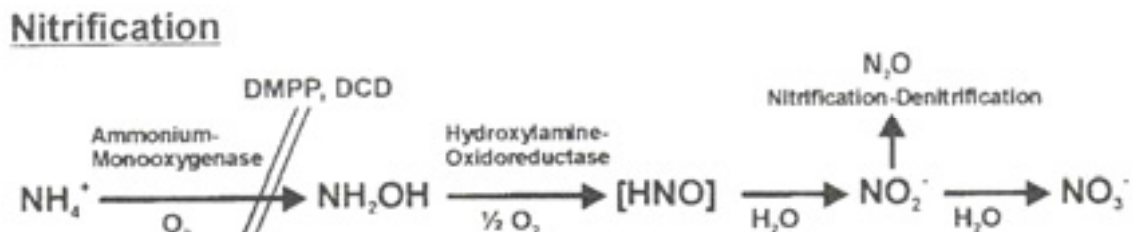
Zowel Nitrapyrin als DCD worden door hun nadelige kanten niet op grote schaal gebruikt (Zerulla *et al.*, 2000).

2.4 Werking en eigenschappen van DMPP

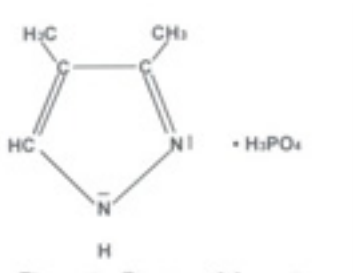
Werking

Nitrificatie heeft als katalysator een complex van membraangebonden eiwitten, waarin ook het enzym ammonium mono-oxygenase (AMO) voorkomt (figuur 2). Door AMO wordt één van de atomen van zuurstof (O_2) gereduceerd voor de vorming van water (H_2O). Het andere atoom wordt gebonden aan het reactieproduct.

Figuur 2 Schematische weergave van nitrificatie inclusief de blokkering van NH_3 (Weiske *et al.*, 2001(a)).



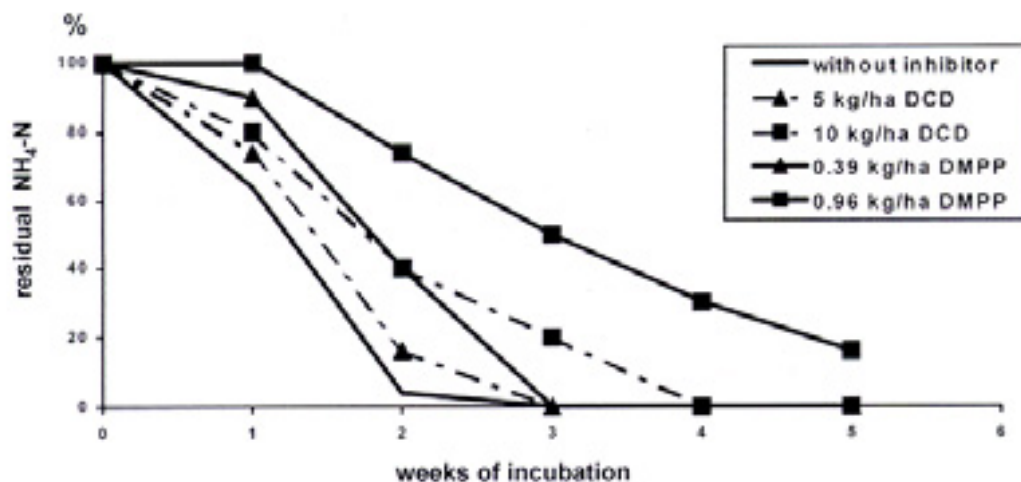
Bij onderzoek naar de invloed van heterocyclische N-verbindingen op de omzetting van NH_4^+ door AMO in bodems bleek dat verbindingen met twee of drie N-ringen significant remmend werkten. Voorbeelden van stoffen uit deze groep zijn Pyrazole, 1,2,4-triazole, pyridazine, benzotriazole en indazole. 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) behoort ook tot deze groep nitrificatieremmers. Er is nog weinig bekend over het werkingsmechanisme van deze structuren, maar er zijn aanwijzingen die suggereren dat de aanwezigheid van de N-ring een belangrijke rol speelt (McCarthy, 1999). In figuur 3 is de structuur van DMPP weergegeven.

Figuur 3 Structuur 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) (Zerulla *et al.*, 2000).

De vorming van nitriet (NO_2^-) wordt significant verminderd door DMPP. DMPP heeft geen invloed op de tweede stap van de nitrificatie, namelijk de omzetting van NO_2^- naar NO_3^- (Weiske *et al.* 2001(b)).

Werkingsduur

DMPP vertraagt de transformatie door *Nitrosomonas*. In West-Europese en Mediterrane klimaten duurt het gemiddelde vertragingproces 4-10 weken. Figuur 4 geeft de nitrificatiesnelheid bij verschillende hoeveelheden van de nitrificatieremmers DCD en DMPP weer. DMPP remt de nitrificatie aanzienlijk beter dan DCD.

Figuur 4 Nitrificatiesnelheid van 10,5 mg ammonium-N 100 g^{-1} grond, toegediend als ASS bij verschillende hoeveelheden van de nitrificatieremmers DCD en DMPP (Zerulla *et al.*, 2000).

Doordat de eerste stap van de nitrificatie wordt geremd blijft het ammonium in de bodem en wordt het gebonden aan lutumdeeltjes. De effectieve periode hangt van een aantal factoren af. Hoe lager de temperatuur, des te langzamer wordt DMPP afgebroken en hoe langer DMPP werkt. De vochtigheid van de bodem speelt een rol. Hoe natter de grond, des te groter het remmende effect van DMPP. Het lutumgehalte van de grond is van invloed op het gehalte aan opgelost DMPP in de bodem. Hoe lager het lutumgehalte, des te hoger is het gehalte aan DMPP in het bodemvocht.

Samengevat

De effectiviteit van DMPP is het grootst wanneer de kans op het verlies van N het grootst is, namelijk bij lage temperaturen, in zanderige gronden en in vochtige bodems (Zerulla *et al.*, 2000).

Dit wordt ondersteund door observaties dat het positieve effect van DMPP op de gewasopbrengst meer naar voren komt op lichte dan op zware gronden. DMPP is beter bestand tegen afbraak door micro-organismen wanneer het is gebonden in plaats van opgelost in het bodemvocht. Hierdoor wordt de werkzame periode van de DMPP verlengd (Barth *et al.*, 2001).

Veeljarig gebruik

Het veeljarige gebruik van DMPP op hetzelfde perceel heeft geen effect op de snelheid waarmee DMPP wordt afgebroken (Weiske *et al.*, 2001(b)).

Hoeveelheid

DMPP is niet vluchtig of bijtend en is werkzaam in kleine hoeveelheden (Zerulla *et al.*, 2000). Hoeveelheden van 0,5-1,5 kg ha⁻¹ zijn voldoende voor een optimale nitrificatieremming (Zerulla *et al.*, 2001).

2.5 Emissie van stikstofgassen

De N₂O-emissie is niet constant, er zijn significante pieken in de emissie waargenomen in de eerste 3-4 weken na toediening. Een significante toename van de N₂O-emissie werd niet altijd waargenomen na een bemesting, maar doorgaans wel na hevige regenval. De mate van de N₂O-emissie wordt grotendeels bepaald door de hoeveelheid toegediende NO₃⁻.

De emissie van N₂O is met DMPP significant lager dan de emissie zonder het gebruik van DMPP (Linzmeier, 2001). Uit een driejarige veldproef bleek dat DMPP de N₂O-emissie met gemiddeld 49% verlaagde (zie tabel 1 op bladzijde 15, Weiske *et al.*, 2001(b)). Als DMPP en de meststof in korrelvorm worden verstrekt dan is de emissie lager dan als DMPP en de meststof in vloeibare vorm worden verstrekt.

Van de totale gemeten N₂O-emissie is 10-40% toe te schrijven aan kunstmeststikstof en 60-90% aan organische N in de bodem (Linzmeier *et al.*, 2001). Indien wordt aangenomen dat gebruik van nitrificatieremmers leidt tot een vermindering van de directe N₂O-emissie uit kunstmest en dierlijke mest met 10 procent, dan is de totale vermindering van de N₂O-emissie in Nederland gelijk aan 0,31 Mton koolstofdioxide(CO₂)-equivalenten per jaar ten opzichte van 1990. Dit is een globale schatting (Velthof, 2000).

DMPP verminderde ook significant de GWP (Global Warming Potential = de bijdrage van diverse broeikasgassen aan het broeikas effect in verhouding tot CO₂) met 30% (Weiske *et al.*, 2001(b), tabel 1).

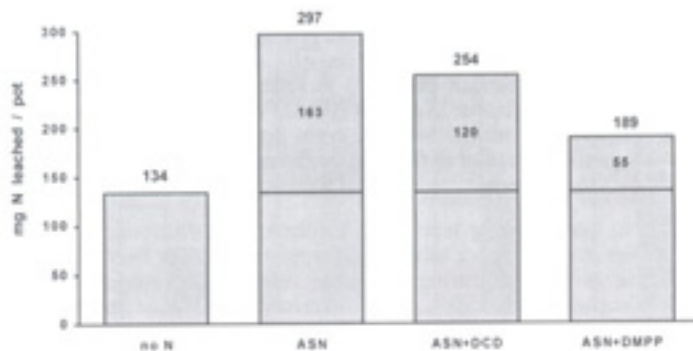
2.6 Uitspoeling van nitraat

Het effect van DMPP op nitraatuitspoeling is onderzocht in potproeven (Zerulla *et al.*, 2000). De toediening van minder dan 1 kg DMPP ha⁻¹ met de meststof reduceerde de NO₃⁻-uitspoeling naar het niveau van onbemeste controlepotten in potproeven. Dit geldt voor zowel Mediterrane als Europese klimaten.

De nitraatuitspoeling is ook onderzocht bij overmatige beregening. Hierbij is spinazie gekweekt in Mitselichpotten. Naast onbemeste potten zijn potten bemest met ammoniumsulfaatsalpeter ASS en met ASS plus de nitrificatieremmers DCD of DMPP. De potten kregen een overmatige beregening van 20 mm water op 7, 18 en 22 dagen na de bemesting. Het toevoegen van DCD

verminderde de nitraatuitspoeling van 221 naar 190% in vergelijking met die van de onbemeste potten. Het toevoegen van DMPP verminderde de nitraatuitspoeling in deze potproef van 221 naar 141%.

Figuur 5 Nitraatuitspoeling veroorzaakt door overmatige beregening bij spinazie geteeld in potten (Zerulla *et al.*, 2000).



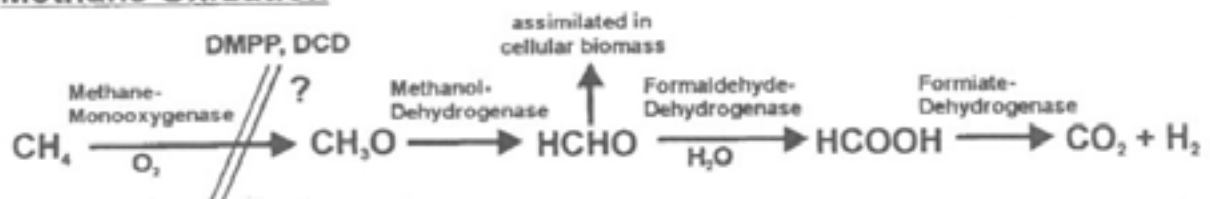
2.7 Methaanoxidatie

Als DMPP de werking van ammonium mono-oxygenase (AMO) belemmert, dan zou het ook invloed kunnen hebben op de micro-organismen welke zorgen voor de afbraak van methaan (CH_4) in de bodem. Beide enzymen vertonen namelijk grote overeenkomsten (Zerulla *et al.*, 2000). Methaan (Weiske *et al.*, 2001(b), figuur 6) wordt omgezet door methaan mono-oxygenase (MMO).

Zowel AMO als MMO kunnen als katalysator optreden bij de omzetting van NH_3 of CH_4 . Laboratorium studies hebben aangetoond dat de invloed van N uit meststoffen op de methaanoxidatie wordt veroorzaakt, doordat MMO na bemesting ook NH_3 oxideert in plaats van CH_4 (McCarthy, 1999).

Figuur 6 Methaanoxidatie en mogelijke belemmering door gebruik van DCD of DMPP (Weiske *et al.*, 2001(a)).

Methane Oxidation



Dit zou een ongewenst effect zijn, want methaan is één van de veroorzakers van het broeikas effect. Uit onderzoek door de Universiteit van Gießen is gebleken dat DMPP geen negatief effect heeft op de afbraak van methaan uit de bodem. Het lijkt de afbraak zelfs iets te stimuleren (Zerulla *et al.*, 2000). In een veldproef stimuleerde DMPP de methaanoxidatie zelfs significant met 28% op bemeste percelen en 14% op onbemeste percelen (Weiske *et al.*, 2001(b)). Het lijkt erop dat AMO en MMO, doordat ze belemmerd worden bij de oxidatie van NH_3 , juist meer CH_4 oxideren. Overigens is de CH_4 -oxidatie bij de toediening van N in de vorm van NO_3^- hoger dan bij N gegeven als NH_4^+ (Flessa *et al.*, 1996).

2.8 Gewasopbrengst

De toevoeging van DMPP aan ASS leidde bij wintertarwe tot hogere opbrengsten of tot een zelfde opbrengst bij een 20-40 kg lagere bemesting (Zerulla *et al.*, 2000). De absolute hoeveelheden N die worden bespaard door het gebruik van nitrificatieremmers zijn echter niet voldoende om de opbrengstverhoging te verklaren. Een verklaring hiervoor zou de opname van NH_4^+ door de plant kunnen zijn. Wanneer NH_4^+ beschikbaar is voor een langere tijd en in een grotere hoeveelheid dan wordt er aanzienlijk meer NH_4^+ dan NO_3^- opgenomen. Dit heeft verschillende voordelen:

- Ten eerste kost de opname van NH_4^+ de planten minder energie dan de opname van NO_3^- .
- Ten tweede kan NH_4^+ direct worden gebruikt voor de vorming van eiwit.
- Als laatste is vastgesteld dat NH_4^+ een positief effect heeft op de synthese van polyamines, cytokines en gibberellines.

Polyamines spelen een rol bij de bloemvorming. Een hoger cytokine metabolisme bevordert de uitstoeling en de groei van de uitlopers in granen en leidt tot meer fruit in de fruitteelt. Significant hogere gehalten aan gibberellines zijn vastgesteld in xyleem (houtweefsel)sap bij NH_4^+ -opname of gemengde opname van $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ door de plant vergeleken met opname van alleen NO_3^- . Hogere gehalten aan gibberellines remmen de afbraak van chlorofyl. Doordat de plant over meer chlorofyl beschikt, vindt er meer fotosynthese plaats (Pasda *et al.*, 2001). Hiermee is tevens de donkerder kleur van het blad van groentes verklaard bij het gebruik van DMPP. De donkerder kleur zorgt voor een aantrekkelijker product (Zerulla *et al.*, 2000)

De hogere opname van NH_4^+ zou de pH kunnen verlagen in de bewortelbare zone. Door de lagere pH wordt de beschikbaarheid van andere voedingsstoffen voor het gewas, met name van micronutriënten verbeterd (Pasda *et al.*, 2001).

Het nitraatgehalte in groente was lager bij het gebruik van DMPP. In graan zorgt DMPP voor een hogere opbrengst, maar komt het eiwitgehalte lager uit (Zerulla *et al.*, 2000).

2.9 CO₂-emissie

DMPP verminderde de CO₂-emissie significant (Weiske *et al.*, 2001(b)), namelijk met gemiddeld 28% in een driejarige veldproef (tabel 1).

Tabel 1 De invloed van DCD en DMPP op N₂O-, CO₂- en CH₄-emissies (%) op bemeste of onbemeste percelen tijdens het groeiseizoen in 1997, 1998 en 1999 in vergelijking met controlepercelen (=100%) (Weiske *et al.*, 2001(b)).

N ₂ O (g N ₂ O-N ha ⁻¹)	Control	DCD	DMPP
Fertilized			
1997	135=100%	95=70%	80=59%
1998	340=100%	267=78%	181=53%
1999	353=100%	252=71%	165=47%
1997-1999	828=100%	614=74%	425=51%
Non Fertilized			
1997	70=100%	51=73%	82=119%
1998	156=100%	91=58%	121=78%
1999	46=100%	30=64%	22=48%
1997-1999	273=100%	171=63%	226=83%
CO ₂ (g CO ₂ -C ha ⁻¹)	Control	DCD	DMPP
Fertilized			
1997	1,528,585=100%	1,630,741=107%	1,248,282=82%
1998	1,832,248=100%	1,378,931=75%	1,052,775=57%
1999	2,479,761=100%	2,446,667=99%	1,884,413=76%
1997-1999	5,840,594=100%	5,456,339=93%	4,185,470=72%
Non Fertilized			
1997	1,486,159=100%	1,409,181=95%	1,159,292=78%
1998	1,725,765=100%	1,421,997=82%	1,069,186=62%
1999	2,093,427=100%	1,963,344=94%	1,525,671=73%
1997-1999	5,305,351=100%	4,794,521=90%	3,754,150=71%
CH ₄ (g CH ₄ -C ha ⁻¹)	Control	DCD	DMPP
Fertilized			
1997	-37=100%	-42=112%	-36=98%
1998	-46=100%	-40=86%	-58=125%
1999	-47=100%	-49=105%	-72=155%
1997-1999	-130=100%	-130=101%	-166=128%
Non Fertilized			
1997	-37=100%	-31=85%	-35=95%
1998	-43=100%	-34=80%	-45=105%
1999	-47=100%	-51=109%	-65=138%
1997-1999	-126=100%	-117=92%	-145=114%

2.10 Denitrificatie

DMPP heeft geen invloed op de activiteit van denitrificerende enzymen (Muller, 2002).

2.11 Residuen in grondwater en gewassen

In het kader van het registratieproces voor Europese en nationale wetgeving is DMPP uitgebreid toxicologisch en eco-toxicologisch onderzocht. Ook de afbraak van DMPP in bodem en planten is

onderzocht voordat registratie plaats kon vinden. Geen van deze studies gaf reden tot bezorgdheid. Dit geldt wanneer DMPP is vastgelegd in kunstmest of wanneer DMPP in vloeibare vorm wordt toegevoegd aan urean of dunne mest (Zerulla *et al.*, 2000).

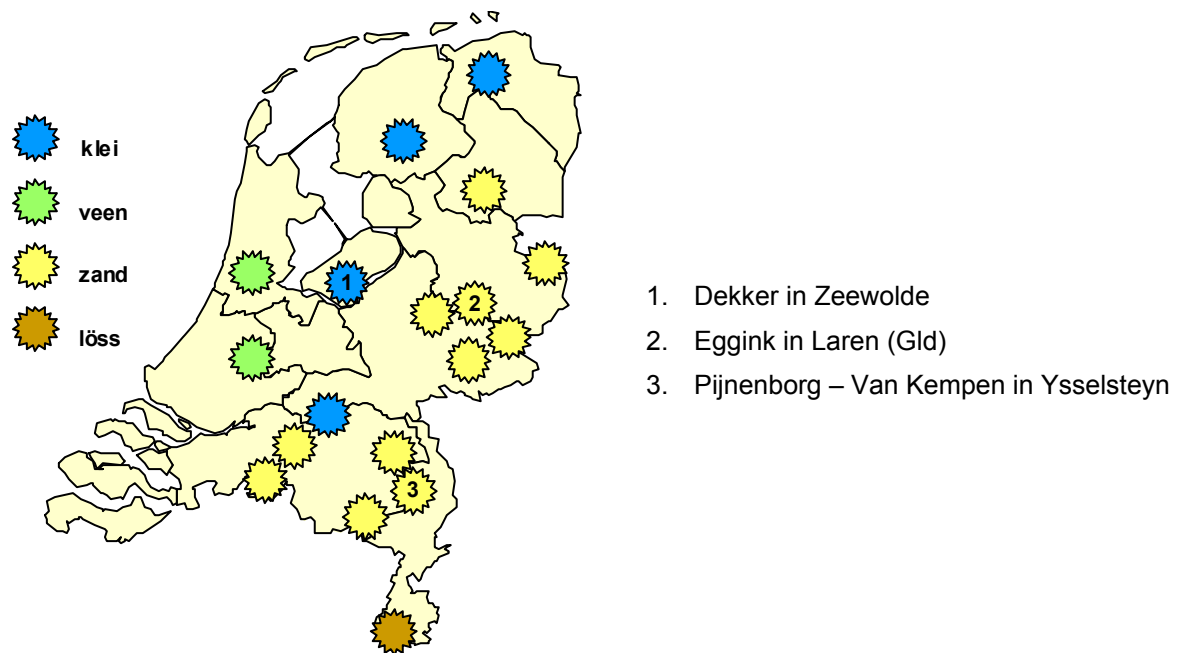
DMPP is op 1,1 meter diepte in het grondwater niet gevonden in waardes hoger dan $0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ (drinkwaterlimiet). In proeven zijn geen DMPP-concentraties aangetoond boven de detectiegrens van $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$ in het graan van wintertarwe, in aardappelen en in sla en rode kool op het moment van oogsten (Fettweis *et al.*, 2001).

3 Proefuitvoering

3.1 Opzet

In het voorjaar van 2003 heeft Nutriënten Management Instituut NMI op drie bedrijven van het project 'Koeien & Kansen' een praktijktoets uitgevoerd, waarbij DMPP wel of niet als nitrificatieremmer aan de mest was toegevoegd. In figuur 7 is de ligging van de bedrijven weergegeven.

Figuur 7 Ligging van de 'Koeien & Kansen'-bedrijven die deelnamen aan de praktijktoets in 2003.



Per bedrijf zijn vier grotendeels vergelijkbare graspercelen geselecteerd of is één groot perceel verdeeld in vier gelijke delen. De geselecteerde percelen en de bijbehorende oppervlakten staan in bijlage 1. Eveneens is in bijlage 1 de bodemvruchtbaarheid per perceel vermeld. Per bedrijf waren er 4 varianten, te weten

- dunne rundermest + DMPP + ammoniumsulfaatsalpeter (ASS);
- dunne rundermest + Entec26;
- dunne rundermest + DMPP + kalkammonsalpeter (KAS); en
- dunne rundermest + KAS.

KAS bevat 27% N. De N bestaat voor 50% uit ammonium en voor 50% uit nitraat. Entec26 en ASS bevatten beide 26% N en respectievelijk 13 en 14% zwavel (S). De N bestaat voor 75% uit ammonium en voor 25% uit nitraat. Aan Entec26 is de nitrificatieremmer dimethylpyrazolfosfaat (DMPP) toegevoegd.

Naast een gelijke hoeveelheid dunne rundermest ontvingen de percelen met Entec26 en ASS een even grote hoeveelheid kunstmeststikstof als met KAS is gegeven. Alleen de eerste snede is bemest met een voorjaarsmeststof. Voor de tweede snede kregen de objecten een gelijke hoeveelheid N uit KAS en dunne rundermest.

Om een S-effect uit te sluiten is op de beide KAS-objecten kieseriet gestrooid. Hiervoor is Esta kieseriet 'gran' gebruikt, dat 25% MgO en 50% SO₃ (20% S) bevat.

3.2 Toedienen van DMPP aan mest

Een belangrijke factor was dat de DMPP goed verdeeld werd door de toe te dienen dunne rundermest. Op alledrie bedrijven is 4 liter DMPP ha⁻¹ aan de mest toegevoegd. De toediening was afhankelijk van de creativiteit van en de mogelijkheden bij de deelnemer en de loonwerker. Op het bedrijf Eggink is een ventiel op de zuigslang gemonteerd, waardoor de DMPP gedoseerd kon worden toegevoegd. Met het systeem is eerst proefgedraaid voor het toevoegen van de DMPP aan de mest. Met deze methode is het vrijwel zeker dat de DMPP in elke tank in dezelfde hoeveelheid en goed gemengd aanwezig was. Op het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen is de DMPP verdund met water bij het begin van de zuigslang aan iedere tank gedoseerd toegevoegd. Deze methode is iets minder betrouwbaar, doordat mogelijk niet alle verdunde DMPP in de tank wordt opgezogen en een deel achterblijft in de mest rond de zuigslang. Het bedrijf Dekker heeft de mest toegediend via een sleepslangbemester. Een probleem bij dit systeem is dat er een lange aanvoerslang aanwezig is, waardoor de eerste mest nog geen DMPP bevat. Daarom is eerst de aanvoerslang op een ander perceel schoongespoeld en is al het aanwezige water onder druk uit de slang geperst. Het toedienen van DMPP bij de zuigslang gebeurde op een vergelijkbare manier als op het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen.

3.3 De gerealiseerde bemesting

In tabel 2 is de gemiddeld gerealiseerde bemesting voor 2003 weergegeven. De bemesting per bedrijf staat in bijlage 2. Naast de eerder genoemde meststoffen (KAS, Entec26, ASS en kieseriet) is geen aanvullende bemesting met fosfaat, kali, natrium, koper of kobalt in de vorm van kunstmest uitgevoerd. Op het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen hebben beide KAS-percelen niet evenveel kieseriet ontvangen. De strooier was niet goed in te stellen op kieseriet. Hierdoor is op het eerste perceel teveel gestrooid. Voor het andere KAS-perceel was daardoor minder kieseriet beschikbaar. Het verschil tussen beide percelen was 100 kg kieseriet ha⁻¹ (bijlage 2).

Tabel 2 Gemiddelde bemesting op de proefpercelen (kg ha⁻¹) voor de eerste en tweede snede in 2003.

Tijdstip	Behandeling	Dunne rundermest (m ³ ha ⁻¹)	N _{tot}	N _{km}	N _{dm}	S _{km}
1 ^e snede	ASS+DMPP	35	114	74	40	40
	Entec26	35	115	75	40	40
	KAS+DMPP	35	115	75	40	44
	KAS	35	115	75	40	37
2 ^e snede	ASS+DMPP ¹⁾	17	74	49	26	0
	Entec26 ¹⁾	17	74	49	26	0
	KAS+DMPP ¹⁾	17	74	49	26	0
	KAS	17	74	49	26	0

¹⁾ voor de 2^e snede is de minerale meststof KAS gestrooid en is dunne rundermest zonder DMPP toegediend

De samenstelling van de toegediende dunne rundermest en de N-werking waarmee is gerekend zijn vermeld in bijlage 3. De gehanteerde werkingscoëfficiënten komen overeen met die genoemd zijn in de Adviesbasis voor de Bemesting van Grasland en Voedergewassen, 1998 en 2002.

3.4 Het weer

In tabel 3 staan per maand de weersomstandigheden in het voorjaar van 2003. Naast de gegevens van 2003 is ook het langjarig gemiddelde over het tijdvak 1971-2000 vermeld. De maanden februari en maart waren veel droger dan gemiddeld, terwijl de hoeveelheid neerslag in mei hoger was dan normaal.

Tabel 3 Weersomstandigheden in De Bilt in 2003 en over een langjarig gemiddelde (KNMI, 2003).

Maand	Neerslag (mm)		Gem. temp. (°C)		Zonuren	
	2003	Gem.	2003	Gem.	2003	Gem.
Februari	29	48	1,8	3,0	158	79
Maart	24	65	7,3	5,8	199	114
April	46	45	9,9	8,3	228	158
Mei	92	62	13,2	12,7	192	204

Het tijdstip van de bemesting is per bedrijf weergegeven in bijlage 4. De neerslaggegevens voor het bedrijf Dekker zijn ontleend aan het weerstation Lelystad en die voor het bedrijf Eggink aan het weerstation Apeldoorn. Voor het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen is gebruik gemaakt van de eigen registratie naast de gegevens van het weerstation Eindhoven. De neerslaggegevens zijn vermeld in bijlage 5.

De stikstof in dunne rundermest is vrijwel uitsluitend aanwezig in de ammoniumvorm. DMPP remt de nitrificatie, dit is de omzetting van NH_4^+ in NO_3^- . Nitraat kan verloren gaan door uitspoeling en denitrificatie.

Op het bedrijf Dekker is de dunne rundermest toegediend op drie februari. In deze maand is nauwelijks neerslag gevallen (bijlage 5). Op 8 maart meldt het weerstation Lelystad 110 mm neerslag. Dit komt overeen met de waarnemingen op het bedrijf. Op genoemde datum heeft het erf en land even blank gestaan. Op de bedrijven Pijnenborg - Van Kempen en Eggink is de dunne rundermest toegediend op respectievelijk 24 en 27 februari. Na het toedienen is eind februari en begin maart een beperkte hoeveelheid neerslag gevallen.

Op alle bedrijven is de kunstmest gegeven tussen 18 en 22 maart. Bij het strooien en ook ongeveer 10 dagen erna is er geen neerslag gevallen. De hoeveelheid neerslag in april was normaal. De meeste neerslag is pas gevallen in de tweede helft van deze maand.

In de maand mei is meer neerslag gevallen dan gemiddeld (tabel 3). De eerste snede is geoogst tussen 6 en 10 mei. Hierna is weer bemest.

Op het bedrijf Dekker is bemest met kunstmest en dunne rundermest op 8 en 10 mei. Op 18 mei is ongeveer 100 mm neerslag gevallen. Op de bedrijven Eggink en Pijnenborg - Van Kempen is opnieuw bemest tussen 12 en 16 mei. Er is regelmatig neerslag gevallen, maar geen extreme hoeveelheden.

3.5 Opbrengstbepaling en gewasanalyse

In 2003 is van de eerste en tweede snede per object de grasopbrengst bepaald in het maaistadium. Het streven was te oogsten bij 3.000 – 3.500 kg droge stof ha⁻¹. De opbrengst is bepaald door gras te knippen van 10 plekken (kniphogte 5 cm) met behulp van een vierkant meetraam met een oppervlak van 0,25 m². Bij het eerste bedrijf waarvan de opbrengst is bepaald, is vooraf geoefend. Om persoonsinvloeden uit te sluiten zijn de verschillende behandelingen steeds door één persoon bemonsterd. Het verse gras van elke plek is in een plastic zak gedaan en meegenomen naar het laboratorium voor de bepaling van het versgewicht en het drooggewicht (na drogen bij 70 °C gedurende 48 uur). Na bepaling van het drooggewicht is van de 10 monsters per perceel een mengmonster gemaakt. De aldus verkregen mengmonsters zijn in het laboratorium geanalyseerd op voederwaarde en minerale samenstelling (re, rc, ras, VCOS, suiker, Na, K, Mg, Ca, P, Zn, Fe Mn en S). De VEM, DVE en OEB zijn berekend.

3.6 Statistische analyse

Vanwege het beperkte aantal bedrijven waarop de proef is uitgevoerd, heeft er geen statistische toetsing van onder andere de opbrengsten plaatsgevonden.

4 Resultaten

4.1 Opbrengst eerste snede en voederwaarde

Op het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen is visueel een duidelijk betere grasgroei op de percelen met KAS en KAS+DMPP waargenomen. De twee andere percelen (Entec26 en ASS+DMPP) hadden een slechtere botanische samenstelling. De zode bevatte onder andere veel muur. Deze twee percelen zijn na de eerste snede gespoten met 1 liter Starane ha⁻¹ en 2 liter MCPA ha⁻¹. Deze bespuiting heeft 3 dagen voor de bemonstering van de tweede snede plaatsgevonden (3 juni).

Tabel 4 De drogestofopbrengst van de eerste snede, kg droge stof ha⁻¹.

Bedrijf	ASS+DMPP ¹⁾	Entec26 ¹⁾	KAS+DMPP ¹⁾	KAS
Dekker	4.138 (101)	4.111 (100)	4.257 (103)	4.115
Eggink	3.223 (89)	3.474 (96)	3.561 (98)	3.617
Pijnenborg - Van Kempen	2.867 (91)	2.722 (86)	3.545 (113)	3.150
Gemiddeld	3.409 (94)	3.436 (95)	3.788 (104)	3.627

¹⁾ tussen haakjes is relatief ten opzichte van KAS

Tabel 4 laat zien dat de voorjaarsmeststof Entec26 dit voorjaar geen meeropbrengst bij de eerste snede gaf in vergelijking met KAS. De lagere opbrengst op het Entec26 perceel op het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen is waarschijnlijk mede veroorzaakt door de slechtere botanische samenstelling.

Het toevoegen van de DMPP aan de mest leidde, bij het gebruik van KAS als kunstmest, alleen op het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen tot een duidelijk hogere opbrengst. Op deze objecten werd gemiddeld over drie bedrijven 160 kg droge stof extra geproduceerd.

Het gebruik van ASS naast de DMPP in de mest leidde, in vergelijking met KAS+DMPP, op alle bedrijven tot een wat lagere opbrengst. De duidelijk lagere opbrengst op het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen is mede toe te schrijven aan de slechtere botanische samenstelling.

Door het droge voorjaar hebben het hogere aandeel ammonium in beide voorjaarsmeststoffen en de nitrificatieremmer DMPP weinig effect gehad op de opbrengst van de eerste snede. Naar verwachting heeft er weinig uitspoeling van nitraat en denitrificatie plaatsgevonden, waardoor de KAS even goed kon presteren als een meststof die meer ammonium bevat. Een langzamere omzetting van ammonium naar nitraat heeft dan geen positief effect. Op het bedrijf Dekker heeft de grote hoeveelheid neerslag op 8 maart (een maand na het uitrijden van de mest) niet tot een duidelijk hogere opbrengst geleid op de objecten waarop mest met DMPP was uitgereden.

Tabel 5 laat zien dat er geen systematische verschillen waren in voederwaarde, ruweiwitgehalte en N-opname tussen de behandelingen. Op het bedrijf Dekker waren het VEM-, RE- en S-gehalte van het object ASS+DMPP wat hoger dan op de overige objecten. Hiervoor is geen verklaring aanwezig. Op het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen was de voederwaarde van de objecten ASS+DMPP en Entec26 hoger dan van de beide KAS-objecten. Een mogelijke verklaring hiervoor is de lagere opbrengst en de afwijkende botanische samenstelling.

Tabel 5 VEM-, ruweiwit (RE)- en S-gehalte, N/S-ratio en N-opname van de eerste snede bij bemesting met ASS, Entec26 en KAS.

Bedrijf	Behandeling	VEM kg ⁻¹ ds	RE, g kg ⁻¹ ds	S, g kg ⁻¹ ds	N/S-ratio	N-opname, kg ha ⁻¹
Dekker	ASS+DMPP	946	218	3,8	9,2	144
	Entec26	930	190	3,4	8,9	125
	KAS+DMPP	932	193	3,4	9,1	131
	KAS	938	190	3,4	8,9	125
Eggink	ASS+DMPP	931	165	3,5	7,5	85
	Entec26	955	165	3,6	7,3	92
	KAS+DMPP	921	167	3,2	8,4	95
	KAS	933	160	3,2	8,0	93
Pijnenborg - Van Kempen	ASS+DMPP	1036	227	3,6	10,1	104
	Entec26	1027	224	3,8	9,4	98
	KAS+DMPP	1010	228	3,8	9,6	129
	KAS	1012	229	3,2	11,5	115
Gemiddeld	ASS+DMPP	971	203	3,6	8,9	111
	Entec26	971	193	3,6	8,6	105
	KAS+DMPP	954	196	3,5	9,0	119
	KAS	961	193	3,3	9,5	111

Opmerkelijk is dat ondanks de aanvulling met kieseriet het S-gehalte van het gras op de KAS-percelen op het bedrijf Eggink lager was dan bij het gebruik van voorjaarsmeststoffen. Ook het KAS-perceel op het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen laat een lager S-gehalte in het gras zien. Dit komt goed overeen met de lagere gift aan kieseriet op dit perceel.

De N/S-verhouding was op alle objecten kleiner dan 12. Dit betekent dat er geen S-tekort is geweest.

De verschillen in N-opname tussen de objecten zijn gering. De verschillen op het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen zijn terug te voeren op de geconstateerde verschillen in opbrengst tussen de objecten.

4.2 Opbrengst tweede snede en voederwaarde

Voor de tweede snede zijn alle objecten bemest met een gelijke hoeveelheid N uit KAS en een gelijke hoeveelheid dunne rundermest. Bepaling van de opbrengst en analyse van de tweede snede vond plaats om vast te stellen of er een nawerking was van de gebruikte voorjaarsmeststoffen of van de aan de mest toegevoegde DMPP.

Op het bedrijf Dekker heeft het toevoegen van DMPP aan de mest of het gebruik van een voorjaarsmeststof geleid tot een wat lagere opbrengst in de tweede snede. Mogelijk heeft de nog in de bodem aanwezige DMPP de nitrificatie van de N uit KAS en dunne rundermest geremd waardoor minder N als NO₃⁻ beschikbaar was voor de plant. Een andere mogelijkheid is dat aan het begin van de tweede snede nog wel nitrificatie heeft plaatsgevonden, maar is deze stikstof verloren gegaan door de grote hoeveelheid neerslag op 18 mei.

Op de bedrijven Eggink en Pijnenborg - Van Kempen was de opbrengst van de objecten waarop een voorjaarsmeststof was gebruikt of waar DMPP aan de mest was toegevoegd hoger dan op het KAS-object. Uit deze resultaten kan voorzichtig worden geconcludeerd dat een deel van de N uit de Entec26 en uit de dunne rundermest, waaraan de DMPP was toegevoegd, pas laat in het voorjaar beschikbaar is gekomen.

Tabel 6 De drogestofopbrengst van de tweede snede, kg droge stof ha⁻¹.

Bedrijf	ASS+DMPP ¹⁾	Entec26 ¹⁾	KAS+DMPP ¹⁾	KAS
Dekker	2.320 (77)	2.751 (92)	2.767 (92)	2.996
Eggink	2.395 (103)	2.459 (106)	2.393 (103)	2.325
Pijnenborg - Van Kempen	3.466 (138)	3.215 (128)	2.994 (119)	2.519
Gemiddeld	2.727 (104)	2.808 (107)	2.718 (104)	2.613

¹⁾ tussen haakjes is relatief ten opzichte van KAS

Op het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen worden de lagere opbrengsten van de eerste snede op de objecten ASS+DMPP en Entec26 ruim gecompenseerd in de tweede snede. De sterk verhoogde opbrengst wordt mogelijk voor een deel veroorzaakt door de toegepaste gewasbescherming. De middelen die zijn toegediend, zorgen voor een explosieve groei van de aanwezige onkruiden. Deze percelen zijn 3 dagen voor de bemonstering gespoten.

De hogere opbrengsten in de tweede snede op de bedrijven Eggink en Pijnenborg - Van Kempen gaan niet ten koste van de voederwaarde (tabel 7). Een verdunningseffect treedt niet op. In bijlage 6 staat per perceel de complete voederwaarde vermeld.

Tabel 7 VEM-, ruweiwit (RE)- en S-gehalte, N/S-ratio en N-opname van de tweede snede bij bemesting met ASS, Entec26 of KAS voor de eerste snede.

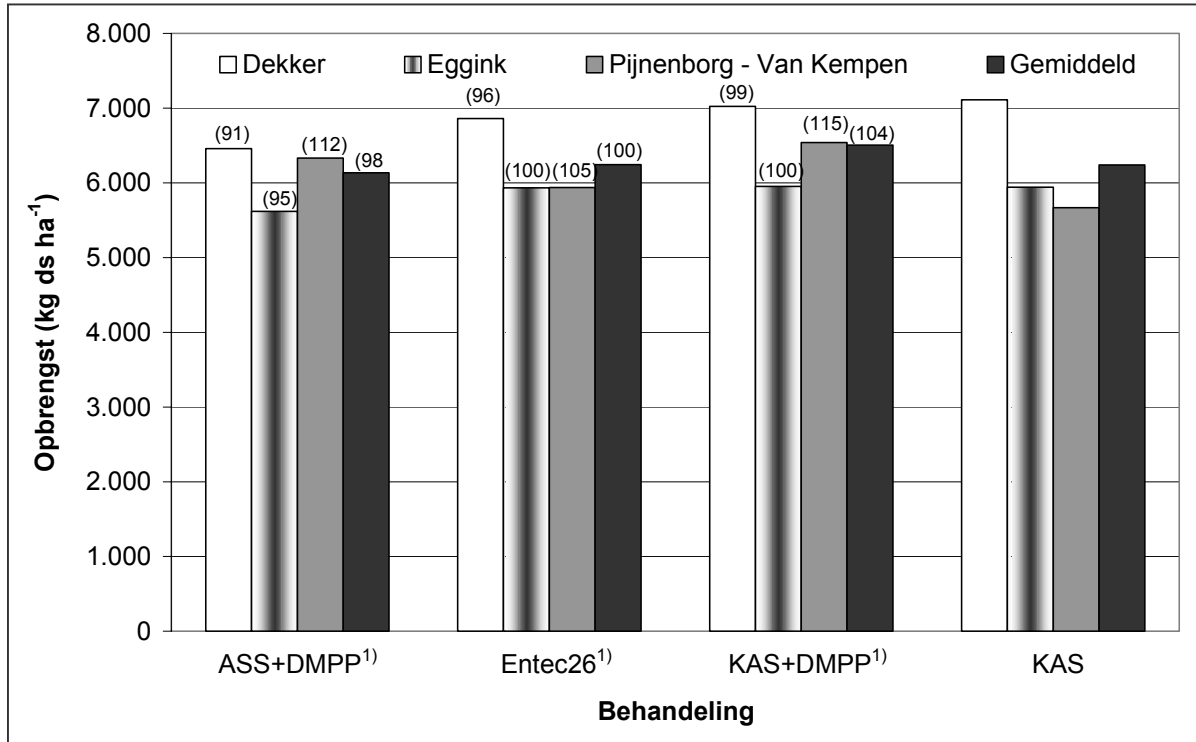
Bedrijf	Behandeling	VEM kg ⁻¹ ds	RE, g kg ⁻¹ ds	S, g kg ⁻¹ ds	N/S-ratio	N-opname, kg ha ⁻¹
Dekker	ASS+DMPP	967	226	3,3	11,0	84
	Entec26	950	205	3,5	9,4	90
	KAS+DMPP	947	189	3,0	10,1	84
	KAS	948	188	2,9	10,4	90
Eggink	ASS+DMPP	981	182	3,6	8,1	70
	Entec26	954	174	3,5	8,0	68
	KAS+DMPP	961	166	3,2	8,3	64
	KAS	952	174	3,4	8,2	65
Pijnenborg - Van Kempen	ASS+DMPP	999	204	3,1	10,5	113
	Entec26	1013	224	3,3	10,9	115
	KAS+DMPP	963	217	3,9	8,9	104
	KAS	982	217	3,4	10,2	87
Gemiddeld	ASS+DMPP	982	204	3,3	9,9	89
	Entec26	972	201	3,4	9,4	91
	KAS+DMPP	957	191	3,4	9,1	84
	KAS	961	193	3,2	9,6	81

Er zijn geen systematische verschillen in voederwaarde en ruweiwitgehalte tussen de objecten. Op alle objecten was de N/S-verhouding kleiner dan 12. Dit betekent dat er geen S-tekort is geweest. De N-opname op de objecten met Entec26 of waar DMPP aan de mest was toegevoegd was op bedrijf Pijnenborg - Van Kempen sterk verhoogd. Hierdoor was de opname op deze objecten ook gemiddeld over de bedrijven verhoogd.

4.3 Totale opbrengst en gemiddelde gewaskwaliteit

In figuur 8 is de totale drogestofopbrengst gegeven van de eerste en tweede snede.

Figuur 8 De totale drogestofopbrengst van de eerste en tweede snede, kg droge stof ha⁻¹.



¹⁾ tussen haakjes is relatief ten opzichte van KAS

Het gebruik van Entec26 als voorjaarsmeststof in plaats van KAS heeft in het droge voorjaar van 2003 niet geleid tot een hogere grasopbrengst (figuur 8). De N-opname door het gewas was gemiddeld iets hoger (tabel 8).

Het toevoegen van DMPP aan de mest leidde alleen op de zandgrond van bedrijf Pijnenborg - Van Kempen tot een hogere grasopbrengst en een hogere N-opname. Op de beide andere bedrijven waren de opbrengst en de N-opname niet verhoogd.

Het gebruik van ASS als voorjaarsmeststof naast het toevoegen van DMPP aan de mest leidde in vergelijking met KAS naast DMPP op alle bedrijven tot een lagere gewasopbrengst. Gemiddeld is op het object ASS+DMPP 370 kg droge stof per ha minder geproduceerd dan op het object KAS+DMPP. Door het gebruik van ASS naast het toevoegen van DMPP was het aanbod van N als ammonium hoger dan bij KAS+DMPP. Dit zou kunnen leiden tot een lagere N-opname en daardoor een lagere opbrengst. De N-opname was op beide objecten echter gelijk.

In de eerste en tweede snede waren er geen systematische verschillen in voederwaarde en ruweiwitgehalte tussen de behandelingen. Gemiddeld was de opbrengst bij KAS+DMPP hoger (figuur 8) en waren de VEM en het ruweiwitgehalte bij gebruik van Entec26 en ASS+DMPP hoger (tabel 8) dan op het object met KAS. Hierdoor was de N-opname op de behandelingen waarop DMPP aan de mest was toegevoegd en/of een voorjaarsmeststof was gebruikt gemiddeld hoger dan op het KAS-object.

In de eerste en tweede snede samen was de N-opname bij ASS+DMPP, Entec26 en KAS+DMPP respectievelijk 8, 4 en 10 kg N ha⁻¹ hoger dan bij KAS (tabel 8). Voor de eerste snede is met ASS gemiddeld 1 kg N ha⁻¹ minder gegeven dan bij de overige percelen. Op de percelen bemest met ASS+DMPP en KAS+DMPP is dus respectievelijk gemiddeld 9 en 10 kg N ha⁻¹ meer benut dan bij KAS en op de percelen met Entec26 gemiddeld 4 kg N ha⁻¹.

Tabel 8 Gemiddelde VEM, ruweiwit (RE), S-gehalte en N/S-ratio van de eerste twee sneden en de totale N-opname van de eerste en tweede snede.

Bedrijf	Behandeling	VEM kg ⁻¹ ds	RE, g kg ⁻¹ ds	S, g kg ⁻¹ ds	N/S-ratio	N-opname, kg ha ⁻¹
Dekker	ASS+DMPP	957	222	3,6	10,1	228
	Entec26	940	198	3,5	9,2	215
	KAS+DMPP	940	191	3,2	9,6	215
	KAS	943	189	3,2	9,7	215
Eggink	ASS+DMPP	956	174	3,6	7,8	155
	Entec26	955	170	3,6	7,6	160
	KAS+DMPP	941	167	3,2	8,3	159
	KAS	943	167	3,3	8,1	157
Pijnenborg - Van Kempen	ASS+DMPP	1018	216	3,4	10,3	217
	Entec26	1020	224	3,6	10,1	213
	KAS+DMPP	987	223	3,9	9,3	233
	KAS	997	223	3,3	10,8	203
Gemiddeld ¹⁾	ASS+DMPP	977	204	3,5	9,4	200
	Entec26	972	197	3,5	9,0	196
	KAS+DMPP	956	193	3,4	9,1	202
	KAS	961	193	3,3	9,5	192

Het gemiddelde S-gehalte op de behandelingen is vrijwel gelijk. De aanvulling met kieseriet op de KAS-percelen heeft dus een vergelijkbaar effect als de S die gegeven is via de voorjaarsmeststoffen ASS en Entec26. Op geen van de proefpercelen is een S-tekort opgetreden. Gewenst is een S-gehalte tussen 2,0 en 4,0 g S kg⁻¹ ds en een N/S-ratio kleiner dan 12. Bij een N/S-ratio groter dan 12 kan een S-tekort optreden voor de groei van het gras. Een S-gehalte boven 4,0 g S kg⁻¹ ds is niet gewenst voor de voeding van het vee. Te hoge S-gehalten in het gras kunnen leiden tot een lagere benutting van nutriënten in de pens, waaronder Mo, Cu en Se.

4.4 DVE, OEB en minerale samenstelling

In tabel 9 zijn gemiddeld per snede en voor de eerste en tweede snede samen DVE, OEB, suikergehalte en het gehalte van enkele mineralen gegeven. De gehalten per bedrijf staan in bijlage 6. Gemiddeld over de eerste en tweede snede zijn DVE, OEB en suiker iets hoger op de objecten waarop een voorjaarsmeststof of een voorjaarsmeststof in combinatie met DMPP is gebruikt. Het hogere DVE- en OEB-gehalte komt goed overeen met het gemiddeld hogere ruweiwitgehalte op deze objecten. Het hogere ruweiwit- en het hogere suikergehalte zijn van invloed op het hogere VEM gehalte.

Het gehalte aan Mg was hoger op de objecten waarop KAS als kunstmest is gestrooid. Dit komt goed overeen met de verwachting. Op deze objecten is als aanvulling op de S-voorziening kieseriet gestrooid. Met de kieseriet is ook extra Mg gegeven. Het Mg-gehalte was op het bedrijf op kleigrond niet verhoogd.

In de eerste snede was het P-gehalte op alle bedrijven verhoogd op de objecten waarop een voorjaarsmeststof was toegediend. P wordt opgenomen als het anion H_2PO_4^- . Een hoger P-gehalte duidt erop dat het gras meer N heeft opgenomen in de vorm van het kation NH_4^+ dan als anion NO_3^- . In de tweede snede was de verhoging van het P-gehalte minder duidelijk. Op het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen is waarschijnlijk verdunning opgetreden door de hogere opbrengst op de objecten Entec26 en ASS+DMPP (bijlage 6).

In de eerste snede waren ook de gehalten aan K en Na gemiddeld hoger op de objecten met een voorjaarsmeststof. Deze verhoging was echter niet systematisch over de bedrijven en ook niet te verwachten.

Tabel 9 De gemiddelde voederwaarde en minerale samenstelling van de eerste en tweede snede, g kg^{-1} droge stof.

Behandeling ¹⁾	DVE	OEB	Suiker	Ca	Mg	K	P	Na
<i>Snede 1:</i>								
ASS+DMPP	98	39	113	4,7	1,9	40,5	4,6	1,5
Entec26	97	30	120	4,7	1,9	40,5	4,7	1,5
KAS+DMPP	95	34	108	4,7	2,1	39,4	4,2	1,3
KAS	96	30	114	4,7	2,1	39,3	4,2	1,2
<i>Snede 2:</i>								
ASS+DMPP	100	36	117	5,2	2,0	43,2	4,2	1,4
Entec26	98	34	108	5,3	2,1	43,0	4,4	1,8
KAS+DMPP	96	26	109	5,2	2,2	41,7	4,3	1,6
KAS	96	28	110	5,0	2,2	41,3	4,1	1,4
<i>Snede 1 en 2 samen:</i>								
ASS+DMPP	99	38	115	5,0	2,0	41,9	4,4	1,5
Entec26	98	32	114	5,0	2,0	41,8	4,5	1,6
KAS+DMPP	96	30	109	5,0	2,2	40,6	4,3	1,4
KAS	96	29	112	4,8	2,1	40,3	4,1	1,3

Discussie

Hoewel DMPP nog maar kort op de markt is, is er een redelijke hoeveelheid actuele literatuur beschikbaar. Er is echter geen gericht onderzoek naar het effect van het gebruik van DMPP op het bodemleven uitgevoerd. Wel zijn er onderzoeken verricht naar het effect van DMPP op processen in de bodem. Ook heeft BASF onderzoek uitgevoerd naar de (eco)toxiciteit van DMPP voordat het product geregistreerd kon worden. Helaas kon niet beschikt worden over de uitkomsten van dit onderzoek. Er zijn nog geen resultaten bekend over de effecten van langdurig gebruik van DMPP. De veehouderijsector is op dit moment relatief schoon wat betreft werkzame stoffen uit bestrijdingsmiddelen en dergelijke. Het is daarom van belang te weten welke risico's er voor de sector zijn bij het langdurig gebruik van DMPP.

De uitgevoerde proef met DMPP in 2003, welke in dit rapport is beschreven, had een sterk oriënterend karakter. Op drie bedrijven zijn vier objecten aangelegd, te weten

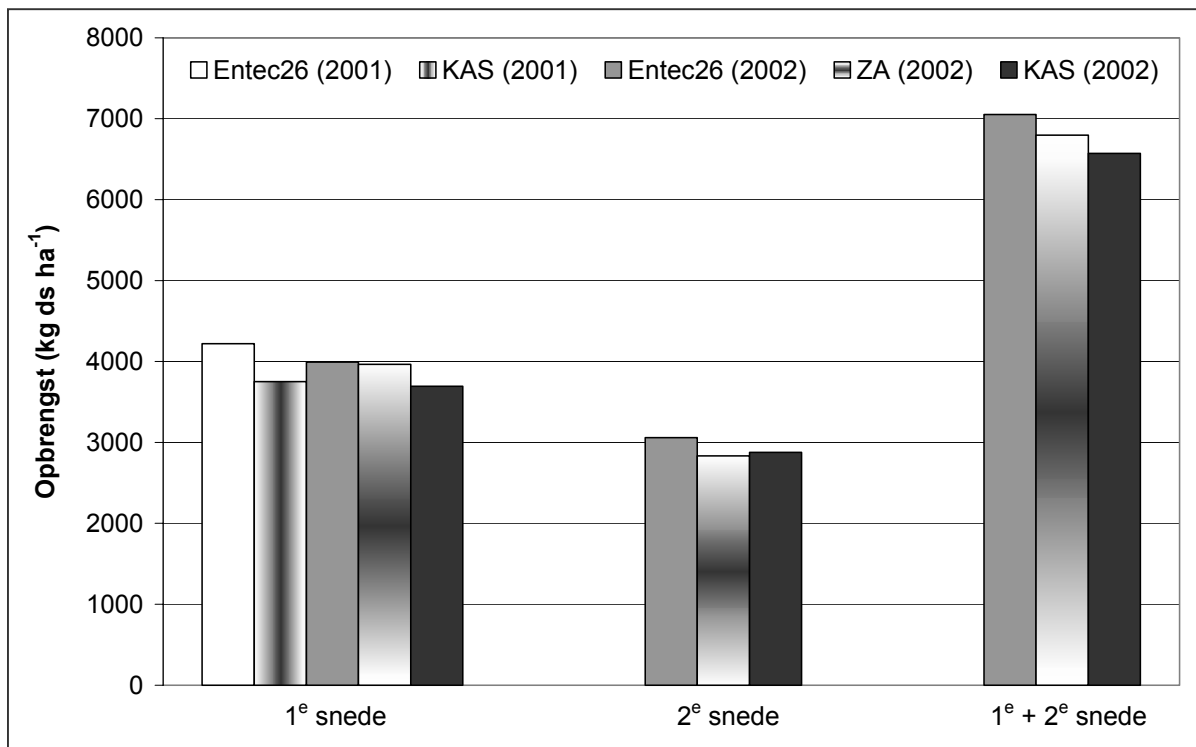
- dunne rundermest + DMPP + ammoniumsulfaatsalpeter (ASS);
- dunne rundermest + Entec26;
- dunne rundermest + DMPP + kalkammonsalpeter (KAS); en
- dunne rundermest + KAS.

In de proef is nagegaan in welke mate het gebruik van Entec26 de grasopbrengst verhoogt in vergelijking met KAS. In de discussie zijn de resultaten van 2003 vergeleken met die van andere jaren. Tevens is nagegaan of het toevoegen van DMPP aan de mest een resultaat oplevert dat vergelijkbaar is met DMPP toegevoegd aan de kunstmest (Entec26). Ook deze resultaten zijn vergeleken met die van eerder onderzoek.

Voorjaarsmeststoffen

De in dit rapport gepresenteerde resultaten van de voorjaarsmeststof Entec26 in 2003 komen niet overeen met de resultaten van eerder onderzoek op de 'Koeien & Kansen'-bedrijven (Den Boer & Bakker, 2002). Enkele resultaten van dat onderzoek zijn weergegeven in figuur 9. In 2001 is de voorjaarsmeststof Entec26 vergeleken met KAS op 7 bedrijven. In 2002 zijn de voorjaarsmeststoffen Entec26 en ZA op 8 bedrijven vergeleken met KAS. Met Entec26 en zwavelzure ammoniak (ZA) is voor de eerste snede 80% van de N-gift van KAS gegeven. Ondanks de lagere N-gift was de opbrengst met Entec26 in 2001 12% en in 2002 8% hoger dan met KAS. De opbrengst met ZA was in 2002 7% hoger dan met KAS. Het verschil in 2001 was significant. In 2003 was de opbrengst op het object met Entec26 niet hoger dan met KAS ondanks een zelfde N-gift. De weersomstandigheden spelen hierbij een belangrijke rol. Het voorjaar van 2003 was droog. In deze situatie treden geen verliezen op door uitspoeling van nitraat of door denitrificatie. Het gebruik van KAS geeft dan een resultaat dat overeenkomt met een voorjaarsmeststof.

Figuur 9 De drogestofopbrengst van de eerste en tweede snede in kg droge stof ha⁻¹ bij het gebruik van voorjaarsmeststoffen op 'Koeien & Kansen'-bedrijven in 2001 en 2002.



Klei- en zandgrond

Bij de in dit onderzoek beschreven praktijktoets van 2003 leidde het gebruik van Entec26 en ook het toevoegen van DMPP aan de mest op het bedrijf Dekker op jonge zeelei in de eerste snede niet tot een hogere opbrengst en in de tweede snede tot een lagere opbrengst.

In 2001 gaf Entec26 op het bedrijf Dekker op jonge zeelei een 11% hogere opbrengst en in 2002 was de opbrengstverhoging in de eerste snede met Entec26 zelfs 25% en in de tweede snede 4%. Het gebruik van ZA als voorjaarsmeststof leidde in 2002 in de eerste snede tot een opbrengstverhoging van 15% en in de tweede snede tot een iets lagere opbrengst van 4%.

In 2002 is onderzoek gedaan naar het effect van het gebruik van voorjaarsmeststoffen op proefvelden op de kleigrond van Nij Bosma Zathe (in Goutum) en op de zandgrond van Aver Heino en Cranendonck (Bussink *et al.*, 2003). In tabel 10 zijn de resultaten van beide onderzoeken weergegeven.

Bij de proef op Nij Bosma Zathe gaf Entec26 in de eerste snede geen hogere opbrengst en wel in de tweede snede. ZA gaf een duidelijk hogere opbrengst in de eerste en tweede snede en ASS in beide sneden een licht hogere opbrengst. De jaren 2001 en 2002 waren beide gunstig voor het gebruik van voorjaarsmeststoffen. De omstandigheden in het voorjaar waren over het algemeen natter dan normaal. Bovenstaande resultaten laten zien dat het gebruik van voorjaarsmeststoffen op kleigrond bij een ruime vochtvoorziening vergelijkbare resultaten geeft met die op zandgrond. In het droge voorjaar van 2003 leidde het gebruik van een voorjaarsmeststof of het toevoegen van DMPP aan de mest niet tot een hogere opbrengst en viel vooral de opbrengst van de tweede snede tegen.

Tabel 10 De drogestofopbrengst van de eerste en tweede snede in kg droge stof ha⁻¹ bij het gebruik van voorjaarsmeststoffen op Nij Bosma Zathe, Aver Heino en Cranendonck in 2002.

Locatie	Grondsoort	Behandeling	1 ^e snede	2 ^e snede	1 ^e + 2 ^e snede
Nij Bosma Zathe	Klei	ASS	3.040	2.392	5.432
Nij Bosma Zathe	Klei	Entec26	2.981	2.522	5.503
Nij Bosma Zathe	Klei	ZA	3.304	2.458	5.762
Nij Bosma Zathe	Klei	KAS	2.975	2.312	5.287
Aver Heino/Cranendonck ¹⁾	Zand	ASS	4.117	2.651	6.768
Aver Heino/Cranendonck ¹⁾	Zand	Entec26	4.097	2.551	6.648
Aver Heino/Cranendonck ¹⁾	Zand	ZA	3.952	2.557	6.509
Aver Heino/Cranendonck ¹⁾	Zand	KAS	3.893	2.642	6.535

¹⁾ gemiddelde van de locaties Aver Heino en Cranendonck

Bij het onderzoek op Aver Heino en Cranendonck is in de eerste snede gemiddeld op de ASS- en Entec26-objecten een meeropbrengst gemeten van ruim 200 kg ds ha⁻¹ ten opzichte van KAS. In de tweede snede was er geen verschil in opbrengst tussen ASS en KAS. Entec26 leverde bijna 100 kg ds ha⁻¹ minder.

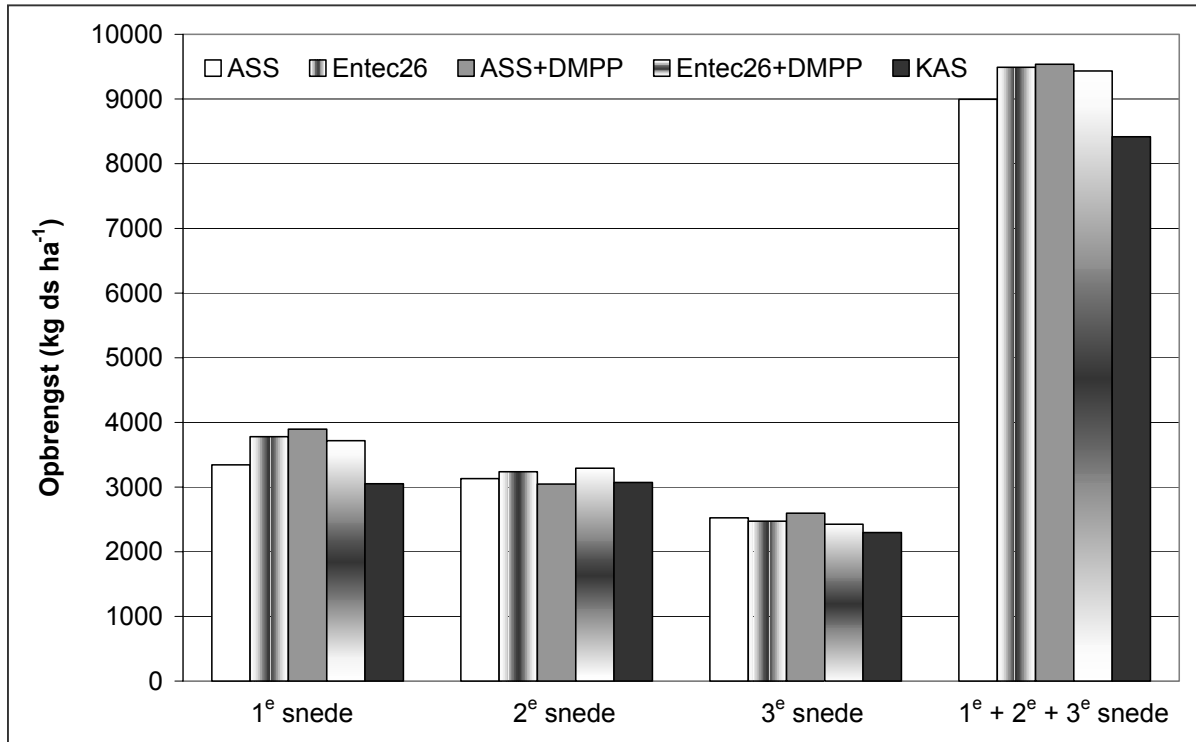
Opmerkelijk is de wat lagere opbrengst in de eerste snede van 2003 op de objecten op zandgrond waarop een voorjaarsmeststof is gebruikt of waar DMPP aan de mest is toegevoegd ten opzichte van de opbrengst van KAS. In de tweede snede was de opbrengst op deze objecten juist hoger. Dit komt niet overeen met het onderzoek van Aver Heino en Cranendonck in 2002 en met de resultaten van bedrijf Dekker in 2003. Op dit bedrijf was de opbrengst in de eerste snede bij het gebruik van een voorjaarsmeststof of het toevoegen van DMPP aan de mest vergelijkbaar met KAS en in de tweede snede lager. Een mogelijke verklaring kan zijn dat de mest op het bedrijf Dekker drie weken eerder is toegediend dan op de beide zandbedrijven. Hierdoor kan op het bedrijf Dekker de N uit de dunne rundermest eerder zijn genitrificeerd en door het gewas zijn opgenomen dan op de zandbedrijven.

Toevoegen DMPP aan dunne rundermest

Er is weinig onderzoek bekend over het toevoegen van DMPP als nitrificatieremmer aan de mest. In 1999 heeft NMI in opdracht van BASF Nederland BV een veldexperiment uitgevoerd met DMPP gegeven via kunstmest en toegediend aan de dunne rundermest. De proef was aangelegd op een humusrijke zandgrond (10,4% OS) van het proefbedrijf Bosma Zathe in Ureterp. Het N-niveau op alle proefveldjes was 130 kg N ha⁻¹ (inclusief een basisbemesting met 20 m³ dunne rundermest ha⁻¹). Uit het onderzoek bleek de opbrengst van veldjes met Entec26, Entec26+DMPP via dunne rundermest en ASS+DMPP via dunne rundermest significant hoger te zijn dan die van de veldjes bemest met KAS of ASS. ASS heeft dezelfde samenstelling als Entec26 maar bevat geen DMPP als nitrificatieremmer. De opbrengst bij gebruik van ASS was ook significant hoger dan die bij KAS. Beide significante verschillen traden op in zowel de eerste snede als bij de totale opbrengst over de eerste drie sneden. Figuur 10 geeft de opbrengsten weer van de eerste drie sneden van deze proef. De figuur laat zien dat ASS in combinatie met DMPP toegevoegd aan de dunne rundermest een resultaat gaf dat goed vergelijkbaar was met dat van Entec26. Het gebruik van Entec26 naast het toevoegen van DMPP aan de mest gaf geen hogere opbrengst dan het gebruik van ASS+DMPP. DMPP toegediend aan de mest remde niet alleen de nitrificatie in de mest, maar had ook nog een remmende invloed op de nitrificatie van later toegediende minerale meststoffen (Bussink, 1999). Het jaar 1999 was een gunstig jaar voor het gebruik van voorjaarsmeststoffen of

het toevoegen van een nitrificatieremmer aan de mest. De hoeveelheid neerslag in het voorjaar was meer dan gemiddeld.

Figuur 10 De drogestofopbrengst van de eerste, tweede en derde snede in kg droge stof ha⁻¹ bij het gebruik van DMPP via kunstmest of dunne rundermest op Bosma Zathe in 1999.



De gegevens over de effecten van het toevoegen van DMPP als nitrificatieremmer in de mest zijn beperkt. De resultaten van 1999 duiden erop dat het toevoegen van DMPP aan de mest in combinatie met de voorjaarsmeststof ASS een zelfde resultaat oplevert als het gebruik van Entec26. Er is geen informatie beschikbaar over het gebruik van KAS in een normaal of vochtrijk voorjaar in combinatie met het toevoegen van DMPP aan de mest. Juist op gronden waarop geen zwavel- of fosfaathoudende voorjaarsmeststof gebruikt kan worden is deze informatie van belang.

Een ander interessant aspect is het toedienen van DMPP aan dunne rundermest bij toediening in het najaar op maïsland. Op kleigronden, waarbij de dunne rundermest in het najaar wordt uitgereden om in de lente structuurbederf te voorkomen, kan DMPP mogelijk voor een betere N-benutting zorgen. Het grootste deel van de toegediende ammoniumstikstof bij toedienen van dunne rundermest in het najaar zal nitrificeren en later uitspoelen of denitrificeren. De toevoeging van DMPP aan dunne rundermest kan deze verliezen verminderen. Om het effect van toegevoegde DMPP aan dunne rundermest te testen, dient in de bodem de hoeveelheid minerale N (ammonium en nitraat) enkele malen na toediening (in de herfst of vroege winter) gemeten te worden.

Literatuur

Anonymus, 2002.

Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, PraktijkBoek 22, november 2002.

Azam, F., G. Benckiser, C. Müller & J.C.G. Ottow, 2001.

Release, movement and recovery of 3,4-dimethylpyrazole Phosphate (DMPP), ammonium and nitrate from stabilized nitrogen fertilizer granules in a silty clay soil under laboratory conditions, *Biology and Fertility of Soils* 34, pp 118-125.

Barth, G., S. von Tucher & U. Schmidhalter, 2001.

Influence of soil parameters on the effect of 3,4-dimethylpyrazole-phosphate as a nitrification inhibitor, *Biology and Fertility of Soils* 34, pp 98-102.

Bussink, D.W., 1999.

Potential of ASS fertilization on grassland, 1999, Nutriënten Management Instituut, Wageningen, NMI-rapport nr. 604.99.

Bussink, D.W., H.C. de Boer, E.R. Boons-Prins & R.L.M. Schils, 2003.

Toetsing van voorjaarsmeststoffen op grasland; 2002, Nutriënten Management Instituut, Wageningen, NMI-rapport nr. 807.01.

Den Boer, D.J. & R.F. Bakker, 2002.

Meer gras met minder stikstof; Voorjaarsmeststoffen op grasland, 2001 en 2002, Nutriënten Management Instituut, Wageningen, 'Koeien & Kansen'-rapport nr. 15.

Fettweis, U., W. Mittelstaedt, C. Schimansky & F. Führ, 2001.

Lysimeter experiment on the translocation of the carbon-14-labelled nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) in a gleyic cambisol, *Biology and Fertility of Soils* 34, pp 126-130.

Flessa, H., W. Pfau, P. Dorsch & F. Beese, 1996.

The influence of nitrate and ammonium fertilization on N₂O-release and CH₄-uptake of a well-drained topsoil demonstrated by a soil microcosm experiment, *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 159, pp 499-503.

KNMI, 2003.

www.knmi.nl

Linzmeier, W., R. Gutser & U. Schmidhalter, 2001.

Nitrous oxide emission from soil and from nitrogen-15-labelled fertilizer with the new nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP), *Biology and Fertility of Soils* 34, pp 103-108.

McCarty, G.W., 1999.

Modes of action of nitrification inhibitors, *Biology and Fertility of Soils* 29, pp 1-9.

Müller, C., R.J. Stevens, R.J. Laughlin, F. Azam, J.C.G. Ottow, 2002.

The nitrification inhibitor DMPP had no effect on denitrifying enzyme activity, *Soil Biology & Biochemistry* 34, pp 1825-1827.

Pasda, G., R. Hahndel & W. Zerulla, 2001.

Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP on yield and quality of agricultural and horticultural crops, *Biology and Fertility of Soils* 34, pp 85-97.

Peltonen, J., 2003.

Global food security and the role of sustainable fertilization, proceedings of IFA-FAO Agriculture Conference, 26-28 March 2003, Rome, Italy.

Slangen, J.H.G., P. Kerkhoff, 1984.

Nitrification inhibitors in agriculture and horticulture: A literature review, *Fertilizer Research* 5 pp 1-76.

Trenkel, M.E., 1997.

Controlled-Release and stabilized fertilizers in agriculture, Published by the International Fertilizer Industry Association, December 1997, Paris.

Velthof, G.L., M.H. de Haan, R.L.M. Schils, G.J. Monteny, A. van den Pol-van Dasselaar & P.J. Kuikman, 2000.

Beperking van de lachgasemissie uit bemeste landbouwgronden; een systeemanalyse, *Alterra-rapport* 114.2.

WeerOnline, 2003.

www.weeronline.nl

Weiske, A., G. Benckiser & J.C.G. Ottow, 2001(a).

Effect of the new nitrification inhibitor DMPP in comparison to DCD on nitrous oxide (N₂O) emissions and methane (CH₄) oxidation during 3 years of repeated applications in field experiments, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60, pp 57-64.

Weiske, A., G. Benckiser, T. Herbert & J.C.G. Ottow, 2001(b).

Influence of the nitrification inhibitor 3, 4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) in comparison to dicyandiamide (DCD) on nitrous oxide emissions, carbon dioxide fluxes and methane oxidation during 3 years of repeated application in field experiments, *Biology and Fertility of Soils* 34, pp 109-117.

Wozniak, H. H.-J. Michel & M.Fuchs, 1999.

Nitrification inhibitors for economically efficient and environmentally friendly nitrogen fertilization, *Proceedings of IFA Agricultural Conference on managing plant nutrition*, 29 June-2 July 1999, Barcelona, Spain.

Zerulla, W., K.-F Kummer, A. Wissemeier & M. Rädle, 2000.

The development and testing of a new nitrification inhibitor, *The International Fertilizer Society, Proceeding No. 455*.

Zerulla, W., F. Barth, J. Dressel, K. Erhardt, K. Horchler von Locquenghien, G. Pasda, M. Rädle & A.H. Wissemeier, 2001.

3,4 Dimethylpyrazole phosphate (DMPP)- a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture, *Biology and Fertility of Soils* 34, pp 79-84.

Bijlagen

Bijlage 1 Geselecteerde proefpercelen en bodemvruchtbaarheid in 2003

Tabel 1 De geselecteerde percelen voor de praktijktoetsing van DMPP, Entec26 en ASS in 2003.

Bedrijf	Perceel	Ha	Object	Grondsoort
Dekker	3A	1,18	DMPP+ASS	Jonge zeeklei
Dekker	3A+3B	1,18	DMPP+KAS	Jonge zeeklei
Dekker	3B	1,18	KAS	Jonge zeeklei
Dekker	4A+3B	1,18	Entec26	Jonge zeeklei
Eggink	6.1 ^e weg	0,88	Entec26	Dekzand (droog)
Eggink	6.2 ^e weg	0,88	KAS	Dekzand (droog)
Eggink	6.3 ^e weg	0,88	DMPP+KAS	Dekzand (droog)
Eggink	6.4 ^e weg	0,88	DMPP+ASS	Dekzand (droog)
Pijnenborg - Van Kempen	5	1,50	KAS	Dekzand (nat)
Pijnenborg - Van Kempen	6	1,50	DMPP+KAS	Dekzand (nat)
Pijnenborg - Van Kempen	8A	1,20	Entec26	Dekzand (nat)
Pijnenborg - Van Kempen	8B	1,25	DMPP+ASS	Dekzand (nat)

Tabel 2 Grondonderzoek proefpercelen (0-10 cm); humus in %, Pw-getal in mg l⁻¹, P-AL-getal, K-HCl en Na₂O in mg 100 g⁻¹, MgO, Cu en Co in mg kg⁻¹, SLV en NLV in kg ha⁻¹.

Bedrijf	Perceel	Bemonste- ringsdatum	pH	Humus	P-AL- getal	Pw- getal	K- HCl	K- getal	MgO	Na ₂ O	Cu	Co	SLV	NLV
Dekker	3A	15-11-'02	7,3	5,0	49	42	53	81	244	10	8,8	0,8	127	
Dekker	3A+3B	15-11-'02	7,3	5,0	49	42	53	81	244	10	8,8	0,8	127	
Dekker	3B	15-11-'02	7,3	5,0	49	42	53	81	244	10	8,8	0,8	127	
Dekker	4A+3B	15-11-'02	7,4	4,6	51	32	44	71	227	10	8,0	0,8	108	
Eggink	6.1 ^e weg	11-11-'02	5,4	5,2	55	32	17	31	218	5	5,9	0,3	9	119
Eggink	6.2 ^e weg	11-11-'02	5,4	5,2	55	32	17	31	218	5	5,9	0,3	9	119
Eggink	6.3 ^e weg	11-11-'02	5,4	5,2	55	32	17	31	218	5	5,9	0,3	9	119
Eggink	6.4 ^e weg	11-11-'02	5,4	5,2	55	32	17	31	218	5	5,9	0,3	9	119
Pijnenb. ¹⁾ 5		27-11-'02	4,9	6,3	23	13	10	15	230	3	7,2	0,3	4	119
Pijnenb. ¹⁾ 6		27-11-'02	5,1	5,9	27	29	11	17	217	3	7,0	0,4	4	111
Pijnenb. ¹⁾ 8A		27-11-'02	5,2	5,9	40	27	13	21	213	3	7,7	0,4	5	123
Pijnenb. ¹⁾ 8B		27-11-'02	5,3	5,5	43	40	18	30	215	3	7,2	0,4	5	119

¹⁾ Pijnenb. = bedrijf Pijnenborg - Van Kempen

Bijlage 2 Bemesting proefpercelen in 2003

Tabel 1 Bemesting eerste snede op de proefpercelen in 2003; gebruikte meststoffen/middelen.

Bedrijf	Perceel	ASS (kg ha ⁻¹)	Entec26 (kg ha ⁻¹)	KAS (kg ha ⁻¹)	Kieseriet (kg ha ⁻¹)	Dunne rundermest (m ³ ha ⁻¹)	DMPP (liter ha ⁻¹)
Dekker	3A	300	0	0	0	45	4
Dekker	3A+3B	0	0	300	220	45	4
Dekker	3B	0	0	300	220	45	0
Dekker	4A+3B	0	300	0	0	45	0
Eggink	6.1 ^e weg	0	192	0	0	27	0
Eggink	6.2 ^e weg	0	0	185	135	27	0
Eggink	6.3 ^e weg	0	0	185	135	27	4
Eggink	6.4 ^e weg	192	0	0	0	27	4
Pijnenborg - Van Kempen	5	0	0	350	175	33	0
Pijnenborg - Van Kempen	6	0	0	350	275	33	4
Pijnenborg - Van Kempen	8A	0	375	0	0	33	0
Pijnenborg - Van Kempen	8B	360	0	0	0	33	4

Tabel 2 Bemesting eerste snede op de proefpercelen in 2003; werkzame hoeveelheid N en S.

Bedrijf	Perceel	N _{tot} (kg ha ⁻¹)	N _{km} (kg ha ⁻¹)	N _{dm} (kg ha ⁻¹)	S _{km} (kg ha ⁻¹)
Dekker	3A	128	78	50	42
Dekker	3A+3B	131	81	50	44
Dekker	3B	131	81	50	44
Dekker	4A+3B	128	78	50	42
Eggink	6.1 ^e weg	77	50	27	27
Eggink	6.2 ^e weg	77	50	27	27
Eggink	6.3 ^e weg	77	50	27	27
Eggink	6.4 ^e weg	77	50	27	27
Pijnenborg - Van Kempen	5	137	95	43	40
Pijnenborg - Van Kempen	6	137	95	43	60
Pijnenborg - Van Kempen	8A	140	98	43	53
Pijnenborg - Van Kempen	8B	137	94	43	50

Tabel 3 Bemesting tweede snede op de proefpercelen in 2003; gebruikte meststoffen en werkzame hoeveelheid N.

Bedrijf	Perceel	Dunne rundermest (m ³ ha ⁻¹)	KAS (kg ha ⁻¹)	N _{tot} (kg ha ⁻¹)	N _{km} (kg ha ⁻¹)	N _{dm} (kg ha ⁻¹)
Dekker	3A	17	250	90	68	23
Dekker	3A+3B	17	250	90	68	23
Dekker	3B	17	250	90	68	23
Dekker	4A+3B	17	250	90	68	23
Eggink	6.1 ^e weg	15	120	52	32	20
Eggink	6.2 ^e weg	15	120	52	32	20
Eggink	6.3 ^e weg	15	120	52	32	20
Eggink	6.4 ^e weg	15	120	52	32	20
Pijnenborg - Van Kempen	5	20	170	81	46	35
Pijnenborg - Van Kempen	6	20	170	81	46	35
Pijnenborg - Van Kempen	8A	20	170	81	46	35
Pijnenborg - Van Kempen	8B	20	170	81	46	35

Bijlage 3 Samenstelling en werking dunne rundermest in 2003

Tabel 1 Samenstelling gebruikte dunne rundermest (g kg^{-1}).

Bedrijf	Voor snede	N _{totaal}	N _{min}	N _{org}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Dekker	1	3,77	1,90	1,87	1,47	5,2
Dekker	2	4,06	1,80	2,26	1,69	5,3
Eggink	1	2,78	1,70	1,08	0,96	6,2
Eggink	2	3,26	1,60	1,66	1,37	5,8
Pijnenborg - Van Kempen	1	3,97	2,20	1,77	1,74	6,0
Pijnenborg - Van Kempen	2	3,97	2,20	1,77	1,74	6,0

Tabel 2 Werkingspercentage van de gebruikte dunne rundermest.

Bedrijf	Voor snede	Methode toediening	Werkingspercentage	
			N _{min} (%)	N _{org} (%)
Dekker	1	Sleepslangbemester	52	6
Dekker	2, nawerking	Sleepslangbemester	2	6
Dekker	2	Zodenbemester	44	6
Eggink	1	Zodenbemester	56	4
Eggink	2, nawerking	Zodenbemester	12	8
Eggink	2	Zodenbemester	44	6
Pijnenborg - Van Kempen	1	Zodenbemester	56	4
Pijnenborg - Van Kempen	2, nawerking	Zodenbemester	12	8
Pijnenborg - Van Kempen	2	Zodenbemester	44	6

Bijlage 4 Bemestings-, bemonsterings- en oogstdata in 2003**Tabel 1** Datum N-kunstmestgift en dunne rundermestgift voor eerste en tweede snede in 2003.

Bedrijf	Snede	N-kunstmestgift	Dunne rundermestgift
Dekker	1	20 maart	3 februari
Eggink	1	18 maart	27 februari
Pijnenborg - Van Kempen	1	20 en 22 maart ¹⁾	24 februari
Dekker	2	8 mei	10 mei
Eggink	2	12 mei	15 mei
Pijnenborg - Van Kempen	2	13 en 16 mei ²⁾	14 mei

¹⁾ Op 20 maart zijn de percelen 8A en 8B bemest en 22 maart de percelen 5 en 6.

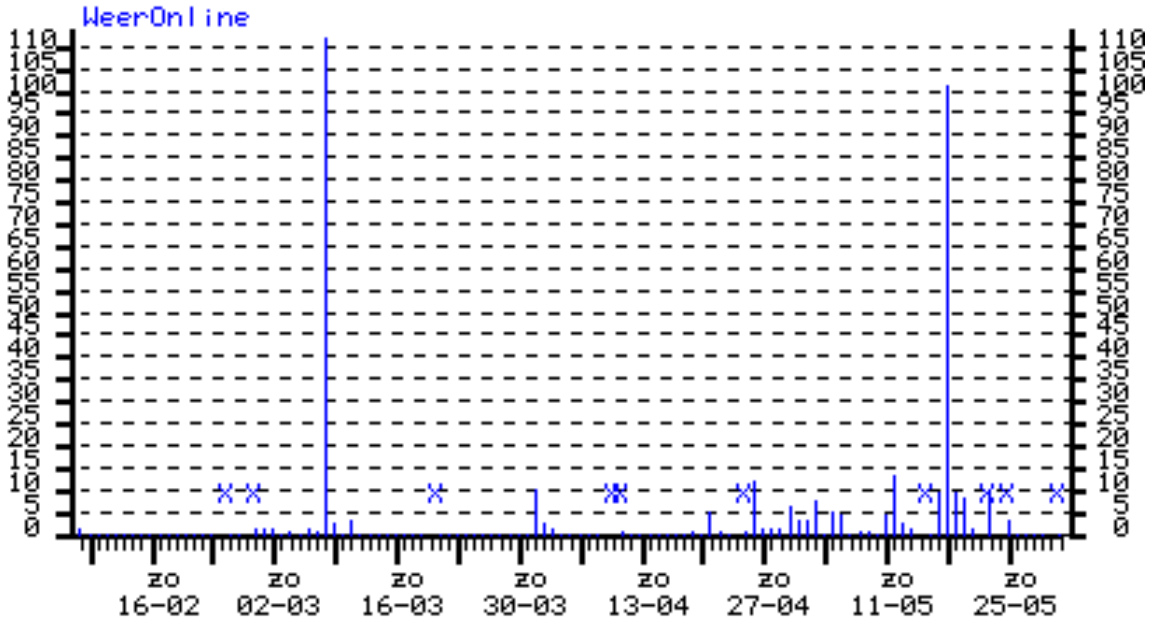
²⁾ Op 13 mei zijn de percelen 5 en 6 bemest en 16 mei de percelen 8A en 8B.

Tabel 2 Datum bemonstering en oogst van eerste en tweede snede in 2003.

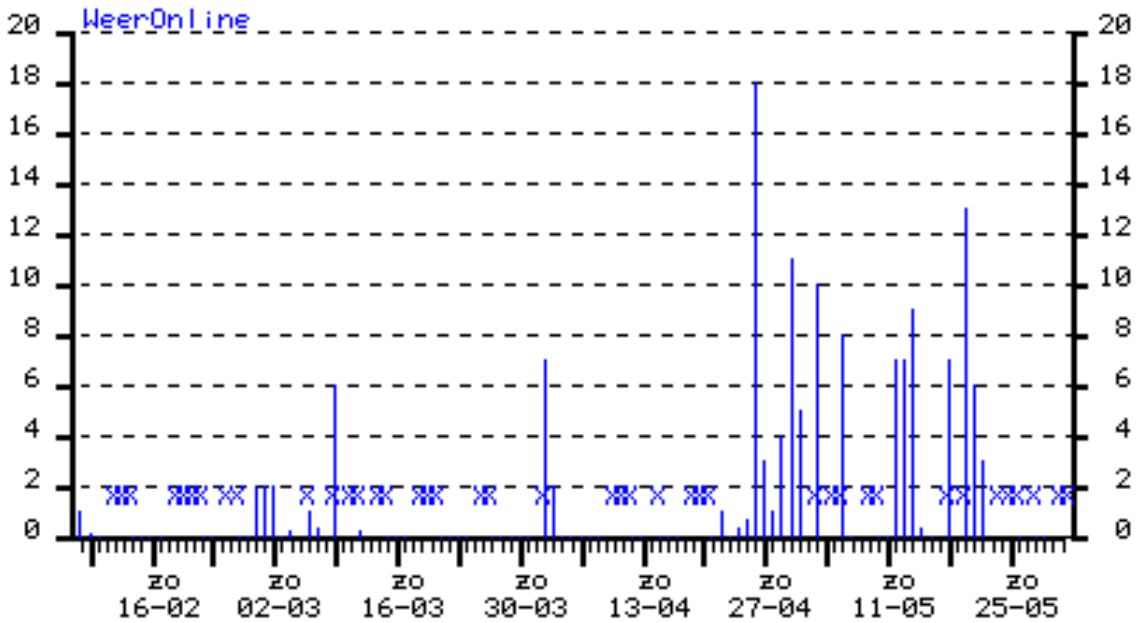
Bedrijf	Snede	Bemonstering	Oogst
Dekker	1	6 mei	6 mei
Eggink	1	9 mei	10 mei
Pijnenborg - Van Kempen	1	8 mei	9 mei
Dekker	2	3 juni	3 juni
Eggink	2	5 juni	5 juni
Pijnenborg - Van Kempen	2	6 juni	10 juni

Bijlage 5 Weersomstandigheden in 2003

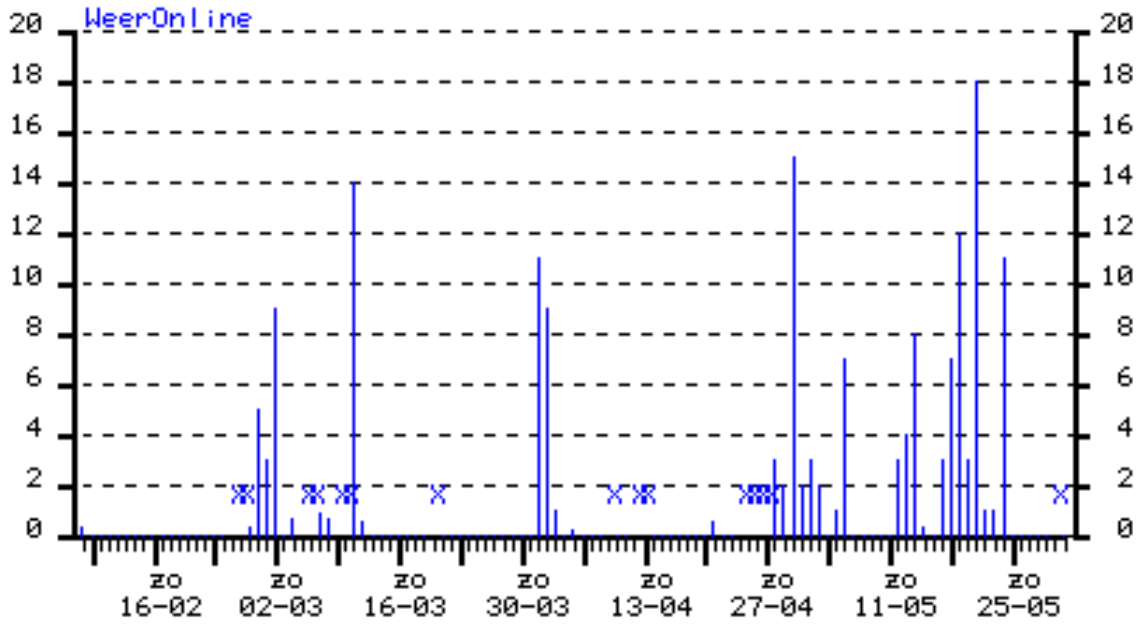
Figuur 1 Neerslag (mm) in de maanden februari tot juni 2003, gemeten door het weerstation in Lelystad (is vergelijkbaar voor het bedrijf Dekker).



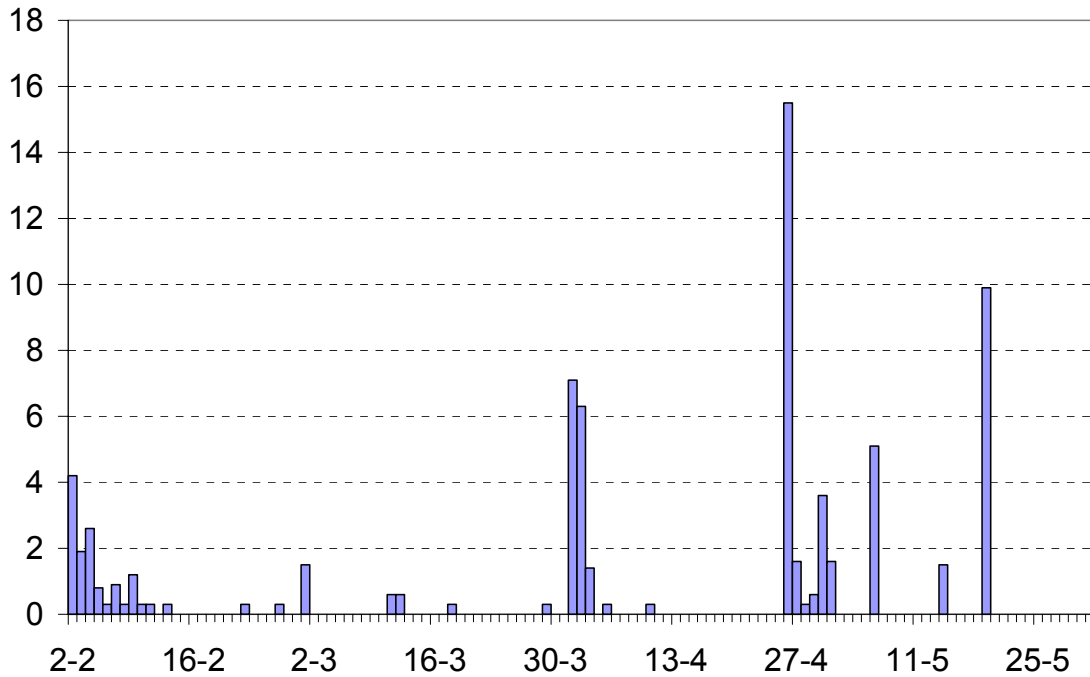
Figuur 2 Neerslag (mm) in de maanden februari tot juni 2003, gemeten door het weerstation in Apeldoorn (is vergelijkbaar voor het bedrijf Eggink).



Figuur 3 Neerslag (mm) in de maanden februari tot juni 2003, gemeten door het weerstation in Eindhoven (is vergelijkbaar voor het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen).



Figuur 4 Neerslag (mm) in de maanden februari tot juni 2003, gemeten op het bedrijf Pijnenborg - Van Kempen.



Bijlage 6 Analyse-uitslagen van de eerste en tweede snede in 2003

Tabel 1 Voederwaarde eerste en tweede snede per bedrijf per perceel (g kg⁻¹ droge stof, tenzij anders aangegeven).

Bedrijf	Snede	Meststof	Oogst- datum	DS (g kg ⁻¹)	VEM	DVE	OEB	VEVI	VOS	FOS	RE	RC	Ruw as	VCOS (%)	Suiker
Dekker	1	ASS+DMPP	6 mei	129	946	97	55	990	701	594	218	267	138	81,3	74
Dekker	1	Entec26	6 mei	139	930	93	31	971	700	598	190	260	130	80,5	98
Dekker	1	KAS+DMPP	6 mei	145	932	93	33	973	701	598	193	263	128	80,4	93
Dekker	1	KAS	6 mei	140	938	94	30	982	706	604	190	258	128	81,0	95
Eggink	1	ASS+DMPP	9 mei	169	931	90	8	969	714	616	165	260	99	79,3	139
Eggink	1	Entec26	9 mei	168	955	92	6	1000	730	631	165	253	99	81,0	151
Eggink	1	KAS+DMPP	9 mei	164	921	89	11	954	707	608	167	265	98	78,4	135
Eggink	1	KAS	9 mei	170	933	89	3	970	717	620	160	260	98	79,5	143
Pijnenborg - Van Kempen	1	ASS+DMPP	8 mei	142	1036	107	54	1103	761	653	227	231	103	84,8	125
Pijnenborg - Van Kempen	1	Entec26	8 mei	137	1027	106	52	1092	755	648	224	238	107	84,6	110
Pijnenborg - Van Kempen	1	KAS+DMPP	8 mei	147	1010	104	58	1069	744	636	228	246	106	83,2	97
Pijnenborg - Van Kempen	1	KAS	8 mei	149	1012	105	58	1070	745	637	229	240	103	83,0	105
Dekker	2	ASS+DMPP	3 juni	127	967	100	58	1017	712	602	226	250	133	82,1	83
Dekker	2	Entec26	3 juni	149	950	96	40	996	708	601	205	254	130	81,4	101
Dekker	2	KAS+DMPP	3 juni	139	947	95	26	993	713	608	189	258	124	81,4	113
Dekker	2	KAS	3 juni	151	948	95	25	994	714	609	188	253	122	81,3	121
Eggink	2	ASS+DMPP	5 juni	131	981	97	16	1032	741	638	182	250	97	82,1	131
Eggink	2	Entec26	5 juni	143	954	93	12	998	726	624	174	256	100	80,7	122
Eggink	2	KAS+DMPP	5 juni	138	961	93	4	1007	735	634	166	249	92	80,9	153
Eggink	2	KAS	5 juni	138	952	93	12	992	726	624	174	262	91	79,9	126
Pijnenborg - Van Kempen	2	ASS+DMPP	10 juni	142	999	102	34	1053	746	638	204	243	95	82,4	138
Pijnenborg - Van Kempen	2	Entec26	10 juni	134	1013	105	51	1070	748	638	224	252	99	83,0	101
Pijnenborg - Van Kempen	2	KAS+DMPP	10 juni	130	963	99	49	1004	718	609	217	273	102	80,0	62
Pijnenborg - Van Kempen	2	KAS	10 juni	133	982	101	47	1029	731	622	217	257	98	81,0	82

Tabel 2 Mineralen samenstelling eerste en tweede snede per bedrijf per perceel (g kg⁻¹ droge stof, Mn, Zn en Fe in mg kg⁻¹ droge stof).

Bedrijf	Snede	Meststof	Oogst- datum	Na	K	Mg	Ca	P	Mn	Zn	Fe	S	Structuur- waarde
Dekker	1	ASS+DMPP	6 mei	1,2	44,4	1,6	6,0	4,7	23	40	137	3,8	2,3
Dekker	1	Entec26	6 mei	1,0	42,5	1,6	5,8	5,0	22	36	131	3,4	2,2
Dekker	1	KAS+DMPP	6 mei	1,1	41,0	1,6	6,2	4,6	21	36	172	3,4	2,2
Dekker	1	KAS	6 mei	1,1	41,5	1,6	5,8	4,6	20	37	122	3,4	2,2
Eggink	1	ASS+DMPP	9 mei	0,6	35,4	2,0	4,4	4,3	82	37	81	3,5	2,2
Eggink	1	Entec26	9 mei	0,8	37,6	2,1	4,7	4,3	70	38	99	3,6	2,1
Eggink	1	KAS+DMPP	9 mei	0,8	35,1	2,3	4,2	4,2	53	36	76	3,2	2,3
Eggink	1	KAS	9 mei	0,8	37,2	2,2	4,4	4,2	53	34	81	3,2	2,2
Pijnenborg - Van Kempen	1	ASS+DMPP	8 mei	2,8	41,8	2,1	3,8	4,7	63	55	96	3,6	1,9
Pijnenborg - Van Kempen	1	Entec26	8 mei	2,7	41,4	2,1	3,7	4,7	56	51	106	3,8	2,0
Pijnenborg - Van Kempen	1	KAS+DMPP	8 mei	1,9	42,1	2,4	3,7	3,9	95	50	109	3,8	2,1
Pijnenborg - Van Kempen	1	KAS	8 mei	1,8	39,3	2,4	3,9	3,8	88	48	161	3,2	2,0
Dekker	2	ASS+DMPP	3 juni	1,2	47,1	1,7	6,9	4,2	22	37	95	3,3	2,1
Dekker	2	Entec26	3 juni	1,2	44,3	1,6	6,8	4,4	21	32	168	3,5	2,1
Dekker	2	KAS+DMPP	3 juni	1,2	43,9	1,6	6,4	4,1	20	29	76	3,0	2,2
Dekker	2	KAS	3 juni	1,1	40,0	1,5	5,9	3,6	19	30	81	2,9	2,1
Eggink	2	ASS+DMPP	5 juni	0,8	40,8	2,3	5,0	4,6	82	39	66	3,6	2,1
Eggink	2	Entec26	5 juni	1,1	42,5	2,5	5,1	4,7	77	42	85	3,5	2,2
Eggink	2	KAS+DMPP	5 juni	1,1	38,9	2,5	5,1	4,5	70	34	72	3,2	2,1
Eggink	2	KAS	5 juni	0,9	42,2	2,5	4,9	4,6	70	39	77	3,4	2,2
Pijnenborg - Van Kempen	2	ASS+DMPP	10 juni	2,2	41,6	2,0	3,6	3,9	51	50	71	3,1	2,0
Pijnenborg - Van Kempen	2	Entec26	10 juni	3,0	42,3	2,2	4,1	4,1	41	50	80	3,3	2,1
Pijnenborg - Van Kempen	2	KAS+DMPP	10 juni	2,4	42,4	2,5	4,1	4,2	87	49	86	3,9	2,3
Pijnenborg - Van Kempen	2	KAS	10 juni	2,1	41,6	2,5	4,1	4,0	67	50	88	3,4	2,2