Proefstation en Informatie- en Kenniscentrum voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond

Themadag
Benutting dierlijke mest in de akkerbouw

themaboekje nr. 10
14 maart 1990

IKC-agv

Informatie- en Kenniscentrum voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Postbus 369, 8200 AJ Lelystad, tel. 03200 - 26062

Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Postbus 430, 8200 AK Lelystad, tel. 03200 - 22714

PROEFSTATION agv LELYSTAD

ISN 498812

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0940 7764

Inhoud

blz.

Voorwoord 5
A.J. Riemens, directeur PAGV

Raamplan onderzoek mestoverschotten en ammoniakemissie 7
B.A. ten Hag, PAGV, voorzitter themagroep Mestbenutting

Mestgebruik en milieu 11
P. Hotsma, Informatie- en Kenniscentrum voor Akker- en Tuinbouw, afdeling Milieu, Kwaliteit en Techniek te Wageningen

Toedieningsmethoden van dunne mest 20
J.F.M. Huijsmans, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen te Wageningen
G.J.M. van Dongen, PAGV Lelystad

Bemestende waarde van dierlijke mest 33
H.H.H. Titulaer en A. Landman, PAGV

Mogelijkheden om uitspoeling van voedingsstoffen uit dierlijke mest te beperken 53
P.L.A. van Enckevort, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren
A. Landman en H.H.H. Titulaer, PAGV Lelystad
E.J. Jansen, Staring Centrum te Wageningen

Een risico-analyse voor de verspreiding van onkruiden en planteziekten met dierlijke mest 69
A.G. Elema, PAGV Lelystad
P.C. Scheepens, Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek te Wageningen

Verwerkte mest: meststof voor de akkerbouw? 79
P.J. van Erp, Nederlands Meststoffen Instituut, Haren
T.A. van Dijk, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren

Maïs en mest: van tolerantie naar benutting 86
J.Schröder, PAGV

Voorwoord

Gebruik van dierlijke mest in de akkerbouw staat sterk in de belangstelling. Het kan een belangrijke bijdrage leveren aan de oplossing van het mestoverschotprobleem. Dierlijke mest heeft een aantal aantrekkelijke kanten, namelijk organische-stofvoorziening en relatief lage bemestingskosten. Er zijn echter ook nadelen aan verbonden. Juist hierover is de laatste jaren onderzoek verricht. Daarbij gaat het met name om de stikstofwerking, die nog steeds moeilijk voorspelbaar is. Daardoor wordt de sturing van het gewas via de stikstofvoorziening bemoeilijkt. Anderzijds vraagt de benutting via toediening op het juiste moment, de juiste locatie en met de juiste methode en dosering alle aandacht om de verliezen zoveel mogelijk te beperken.
Ik hoop dat de presentatie van de eerste resultaten van het versterkte onderzoek op dit terrein zal bijdragen aan een beter inzicht in de waarde van dierlijke mest in het akkerbouwbedrijf.
Graag dank ik alle betrokkenen voor de totstandkoming van deze publikatie.
Hopelijk draagt deze themadag bij aan de verdere optimalisering van de mestbenutting in de akkerbouw.

De directeur PAGV,
A.J. Riemens

Rond elk van deze thema's is een themagroep geformeerd waarin de betrokken onderzoekinstellingen vertegenwoordigd zijn. Deze themagroepen entameren en coördineren het onderzoek rond het betreffende thema en adviseren de COLA over ingediende onderzoekprojecten.
In dit kader zijn talrijke onderzoeks- en ontwikkelingsprojecten opgestart door zowel onderzoekinstellingen (instituten, LUW, TNO, proefstations e.d.) als particuliere organisaties (ingenieursbureaus en industriële ondernemingen).

Financiering

Om de in dit raamplan aangegeven onderzoekthema's met kracht te kunnen aanpakken zijn extra geldmiddelen vrijgemaakt die worden toegewezen door het Financierings-Overleg Mest- en Ammoniakonderzoek (FOMA). In deze FOMA worden door overheid en bedrijfsleven samen afspraken gemaakt over de onderzoekprioriteiten en de verdeling van de gelden. Deze extra gelden worden voor 1/3 door het veehouderijbedrijfsleven (Produktschappen voor Zuivel, Vee en Vlees, Veevoeding) en voor 2/3 door de overheid ingebracht. In de periode 1986-1988 werd in totaal voor 37 miljoen gulden vanuit de FOMA toegezegd waarvan 5,1 miljoen voor onderzoekprojecten rond het thema mestbenutting. In 1988-1991 is op jaarbasis een bedrag van 16,5 miljoen gulden afgesproken en daarnaast nog circa 4,5 miljoen voor het Brabantse Propro-project en het proefbedrijf Melkveehouderij en milieu. Hiervan gaat ruwweg 2,5 miljoen naar onderzoek over mestbenutting in de akker- en weidebouw. Over het algemeen financiert de FOMA slechts 50% van de projectkosten. De werkelijke onderzoeksinzet is dan ook ongeveer het dubbele van bovengenoemde bedragen. De medefinanciering door FOMA geldt zowel projecten van onderzoekinstellingen als van particuliere organisaties. Globaal gaat 25% van de gelden naar deze laatste categorie.

Thema mestbenutting

De themagroep mestbenutting waarin IB, CABO, NMI, IMAG, SC, PR, PAGV en IKC vertegenwoordigd zijn is zowel op de mestbenutting op bouwland als grasland gericht. Binnen dit thema is het onderzoek sinds 1986 aanzienlijk versterkt met als doel:
- bevorderen van de afzet van dierlijke mest naar de akkerbouw en grasland in tekortgebieden. Hoe kunnen de negatieve punten worden verminderd en de positieve versterkt waardoor de acceptatie van dierlijke mest wordt verhoogd?
- verbeteren van de benutting van mest en mestverwerkingsprodukten. Hoe kan de dierlijke mest in combinatie met kunstmest zo worden aangewend (hoeveelheid, tijdstip, methode e.d.) dat de verliezen naar het milieu zo gering mogelijk zijn?

Op deze themadag gaat het om het gebruik van mest in de akkerbouw. Een soortgelijke dag gericht op grasland wordt op 30 maart vanuit het Proefstation voor de Rundveehouderij, Paardenhouderij en Schapenhouderij georganiseerd. De inleidingen op die dag verschijnen in het aprilnummer van het PR-periodiek.

Afzet dierlijke mest naar de akkerbouw

Het mestoverschot van 14 miljoen ton kan bij de huidige fosfaatnormen nog grotendeels in het overschotgebied zelf of in de direkte omgeving worden geplaatst. De acceptatiegraad ligt hier onder andere voor maïsland, hoog.
In de echte akkerbouwgebieden is blijkens een globale benadering (tabel 1) een grote potentiële afzetruimte. In werkelijkheid is deze ruimte kleiner. Immers de acceptatiegraad is veel lager, onder andere doordat dierlijke mest niet voor alle gewassen even geschikt is en veel akkerbouwers kunstmest prefereren. De laatste jaren is de belangstelling voor dierlijke mest in deze akkerbouwgebieden mede door de lagere bemestingskosten sterk gestegen. De Landelijke

Tabel 1. Potentiële afzetruimte voor dierlijke mest in de akkerbouw bij 100% acceptatie in tekort- en overschotgebieden uitgedrukt in miljoen ton varkensdrijfmest (0,39% P_2O_5).

	ha (x 1000)	bij huidige P-norm	bij 70 kg[2] P_2O_5/ha
"tekortgebieden"[1]	560	20	10
"overschotgebieden"	220	16	4
totaal akkerbouw	780	36	14

[1] Zuidwestelijk, Centraal en Noordelijk kleigebied, NO-zand/veenkoloniën en Lössgebied
[2] door beperking P% in mest mogelijk grotere hoeveelheid

Mestbank heeft samen met de regionale mestbanken een goed distributiesysteem opgezet. In 1988 werd circa 2,5 miljoen ton mest vervoerd waarvan circa 0,7 miljoen ton (0,26 pluimveemest, 0,39 varkensmest en 0,07 rundermest) via de kwaliteitspremieregeling van de Mestbank. In 1989 werd al 1,3 miljoen ton via deze regeling afgezet. Daarnaast wordt ook de stapelbare pluimveemest veelal over grotere afstand in de akkerbouw afgezet. De Mestbank raamt dat in de akkerbouw op meer dan 50 km afstand circa 2,3 miljoen ton kan worden afgezet.
Gebruik van dierlijke mest in de akkerbouw kan door de lagere kosten ten opzichte van kunstmest en de toevoer van organische stof aantrekkelijk zijn. Er zijn echter ook minpunten, deels samenhangend met de kwaliteit van de mest maar ook met de gebruikswaarde als meststof.

Aandachtspunten

* Kwaliteitsgaranties. De akkerbouwer wil mest met een homogene, vooraf bekende samenstelling, een hoog drogestofgehalte, minimale gehalten aan zware metalen en chloor, geen grove bestanddelen (in verband met verstoppingen) en geen levenskrachtige onkruidzaden/ziektekiemen. Via de kwaliteitspremieregeling is het ds% van de mest al duidelijk verbeterd. Over de risico's voor de overdracht van gevaarlijke onkruiden, aaltjes en ziekten is uitgebreid onderzoek gaande. Dit risico is sterk bepalend voor de acceptatie van mest. Opzet van een kwaliteitsgarantiesysteem is zeer gewenst.
* Beschikbaarheid op afroep. Het gaat om een volumineuze meststof die met relatief zware werktuigen wordt toegediend. Om de gunstige perioden in verband met structuurschade te kunnen benutten en bij voorjaarstoepassing in de arbeidspiek geen verstoring te krijgen dient de mest op afroep beschikbaar te zijn. Het streven van de mestbank naar meer opslagruimte in de akkerbouwgebieden (500.000 ton siloruimte in 1991 via verhuur van afgedekte silo's naast bestaande silo's) past hierin.
* Betere dosering en verdeling van de mest. De huidige werktuigen voor de mestaanwending geven voor de akkerbouw een te onnauwkeurige dosering en verdeling. Door onderzoek zijn betere werktuigen ontwikkeld maar die zijn nogal wat duurder. Hierbij gaat het ook om aanwendingsmethoden waarbij de structuurschade beperkt blijft. Belangrijk is verder dat de mest zodanig gelocaliseerd kan worden dat het gewas er meteen van kan profiteren opdat eventuele startkunstmestgiften (bijvoorbeeld NP-rijenbemesting bij maïs) achterwege kunnen blijven.
* Onzekere, moeilijk voorspelbare stikstofwerking. Dit maakt een goede afstemming van de bemesting, met name van de aanvullende N-gift, extra moeilijk. Dit terwijl nu door het streven naar een betere produktkwaliteit een betere sturing van de stikstofvoeding van de gewassen juist belangrijker wordt. Juist over dit essentiële punt is veel onderzoek gaande, enerzijds over

een betere voorspelling van de mineralisatie via een meer modelmatige benadering van het mineralisatieproces, anderzijds over bemestingsmethoden waarbij snel ingespeeld kan worden op de actuele mineralisatie (gewasanalyse met nitraatsneltest, stikstofvenster granen etc.).

* Inpassing dierlijke mest bij de huidige regelgeving in het regionale bouwplan. Wat zijn de effecten van dierlijke mest op opbrengst en kwaliteit van de gewassen, de structuur van de grond en de bodemvruchtbaarheid, de bedrijfsorganisatie en het bedrijfsresultaat. Hiertoe zijn op diverse ROC's proeven aangelegd die tevens een belangrijke demonstratieve functie hebben. Daarbij gaat het ook om mogelijke interacties tussen mestaanwending en effect van grondontsmetting. Ook de beïnvloeding van de kwaliteit van de produkten, met name aardappelen, is niet altijd duidelijk.
* Bij gebruik van dierlijke mest treden grote verliezen aan nutriënten naar het milieu op. Veel onderzoek naar maatregelen om deze verliezen, met name bij stikstof, te beperken is gaande. Daarbij gaat het vooral om een meer optimale afstemming van de bemesting op de gewasbehoefte. Hierbij gaat het onder andere om snelle inwerkmethoden ter beperking van de ammoniakemissie. Meer kwantitatieve gegevens over de factoren en processen die deze emissie bepalen zijn nodig om een goed oordeel te geven over de optimale toediening/inwerkmethode. Om uitspoeling in de winter te voorkomen is toepassing in het voorjaar gewenst. Nagegaan wordt hoe dit op kleigrond technisch gerealiseerd kan worden. Anderzijds wordt bestudeerd hoe bij herfsttoediening door toevoeging van nitrificatieremmers of teelt van groenbemesters uitspoeling kan worden voorkomen.
  Verder zal een betere voorspelling van de N-werking (mineralisatie) bijdragen tot een betere afstemming van de bemesting op de gewasbehoefte. Overigens houdt de beperking van de N-verliezen wel in dat er per ton mest meer stikstof beschikbaar komt voor het gewas waartoe de kunstmestgift dan extra aangepast moet worden.
* Waarde organische stof. De opbrengstverhoging via dierlijke mest is zeer wisselend. Nuancering van het zogenaamde resteffect naar grondsoort/percelen is gezien de grote variatie gewenst. Overigens wordt met dierlijke mest volgens de huidige normen relatief weinig effectieve organische stof aangevoerd, namelijk via varkensmest (125 kg P_2O_5) circa 550 kg/ha ten opzichte van circa 1100 kg door een geslaagde groenbemester.
* Waarde mestverwerkingsprodukten. Hierbij gaat het mede gezien de procesgang vooral om de N en P werking, de bestendigheid van de organische stof en het onkruid/ziektevrij zijn. Dit zou in een garantiesysteem geregeld moeten worden. Bovendien moet de samenstelling goed overeenkomen met de nutriëntenbehoefte van de gewassen.

Op de eerste resultaten van dit onderzoek zal hierna nader worden ingegaan.

Mestgebruik en milieu

P. Hotsma, IKC-AT, afdeling Milieu, Kwaliteit en Techniek

Het wordt steeds duidelijker dat allerlei natuurlijke kringlopen verstoord zijn. De omvang van de milieuproblemen neemt nog voortdurend toe. Een lokaal probleem wordt een regionaal probleem. En nog later blijkt het een continentaal of zelfs een mondiaal probleem te zijn. De milieuproblematiek rond dierlijke mest in Nederland is een voorbeeld van een lokaal probleem dat is uitgegroeid tot een nationaal probleem. De gevolgen hiervan stoppen echter niet bij onze grenzen. Drastische maatregelen hier blijken uiteindelijk zelfs gevolgen te hebben voor bijvoorbeeld tapiocatelers in Thailand.

Gemengde bedrijven zijn in de jaren zestig en zeventig omgezet in hetzij akkerbouwbedrijven, hetzij veehouderijbedrijven. Er zijn nu (nog) circa 17.000 akkerbouwbedrijven. Op slechts 2.000 hiervan wordt nog vee gehouden. Het eens noodzakelijke kringloopsysteem voor voedingselementen werd verlaten. Voor het behoud van de rendabiliteit was specialisatie de oplossing. Dierlijke mest werd vervangen door kunstmest, en kunstweiden verdwenen uit het bouwplan. Daardoor daalde de aanvoer van organische stof flink. Om de daling van het organische stofgehalte van de grond te beperken is akkerbouwers voortdurend geadviseerd dierlijke mest te blijven gebruiken en/of groenbemestingsgewassen te telen.
Het gebruik van dierlijke mest op akkerbouwbedrijven is na de inwerkingtreding van de mestwetgeving (1987) sterk toegenomen. De voedingslementen uit dierlijke mest zijn goedkoper dan die uit kunstmest. Bovendien ontvangt men ook nog organische stof en is de opbrengst bij een combinatie van dierlijke mest en kunstmest vaak hoger dan bij toediening van alleen kunstmest.

Vermesting

De totale hoeveelheid dierlijke mest die in ons land geproduceerd wordt, bevat meer voedingselementen dan nodig zijn om de afvoer met de geoogste produkten te compenseren. Hierdoor is dierlijke mest in de zogenoemde overschotgebieden in flinke mate niet langer een meststof, maar een afvalstof en een bron van milieuvervuiling. Teveel stikstof en fosfor in bodem en water heeft allerlei schadelijke gevolgen voor ons milieu. De belangrijkste gevolgen van deze vermesting zijn:

- Overmatige algengroei in zoet en zout oppervlaktewater waardoor velerlei waterplanten en dieren worden bedreigd en daardoor ook de visserij, het kweken van schelpdieren en het recreatieve gebruik van het water.
- Ophoping van fosfor in de bodem en onderwaterbodem heeft tot gevolg dat het oppervlaktewater blijvend wordt bedreigd.
- Stikstofuitspoeling kan een te hoge nitraatconcentratie in het grondwater tot gevolg hebben, wat het grondwater ongeschikt maakt voor de bereiding van drinkwater (zonder extra zuivering).
- Door de aanvoer van stikstof via lucht of (kwel)water gaan voedselarme gebieden en de daarbij behorende plante- en diersoorten verloren.

Oorzaken

De overmaat aan stikstof en fosfor in ons milieu wordt veroorzaakt door lozingen en uitworp van vooral industrie, huishoudens, verkeer, landbouw en veeteelt. Vermesting heeft dus meer oorzaken dan mest alleen. Naast boeren zijn ook de burgers en het bedrijfsleven betrokken. Het aandeel van een ieder verschilt per element. Tabel 1 geeft

Tabel 1. Belasting van het oppervlaktewater met nutriënten (in ton per jaar)

fosfaat	1985	1990	1995
rioolwaterzuiveringsinstallaties	11.000	9.000	3.500
huishoudens ongezuiverd	2.300	1.400	600
kunstmest industrie	11.700	10.000	5.800
overige industrie rechtstreeks lozend op oppervlakte water	1.800		1.800 [1]
af- en uitspoeling bodem	5.400	5.900	6.400 [2]
(waarvan basisbelasting)	3.350	3.325	3.300 [3]
stikstof	**1985**	**1990**	**1995**
rioolwaterzuiveringsinstallaties	38.000	40.000	24.000
depositie	20.000	16.000	14.000 [4]
huishoudens ongezuiverd	8.000	6.500	5.000
industrie rechtstreeks lozend op oppervlakte water	16.000	13.000	10.000
af- en uitspoeling bodem	169.000	155.000	135.000
(waarvan basisbelasting)	35.000	31.000	27.000

1) afname industriële emissie; toename emissies mestverwerking
2) naijlingseffect
3) basisbelasting = uitspoeling natuurgebieden + natuurlijke uitspoeling landbouwgebieden
4) exclusief zoute wateren

bron: CBS en Dienst Binnenwateren/RIZA (Water voor nu en later, p171)

een totaal overzicht van de huidige binnenlandse belasting voor oppervlaktewater met fosfaat en nitraat en de prognose voor het jaar 1995 (12).

De relatieve bijdrage van de landbouw aan de fosfaatbelasting is gering, maar wordt wel steeds groter door afname van de andere bronnen. De wasmiddelen zijn inmiddels fosfaatvrij en het rioolwater gaat extra van fosfaat gezuiverd worden. Het aandeel van de landbouw wordt dan steeds groter. Bovendien is er nog de dreiging van fosfaatuitspoeling doordat zwaar bemeste percelen verzadigd raken met fosfaat. Vandaar dat nu reeds van de landbouw gevraagd wordt om de aanvoer van fosfaat waar mogelijk terug te dringen.
Voor stikstof is de verdeling heel anders dan voor fosfaat. Te zien is dat af- en uitspoeling veruit de belangrijkste bron is. De bijdrage uit de lucht is ook nog voor een deel uit de landbouw afkomstig. Hier wordt dus in de eerste plaats aan de landbouw gevraagd om hun bijdrage te verminderen.

Stikstof in dierlijke mest kan in de stal, de mestopslag en vooral na toediening op de grond voor een deel verloren gaan door ammoniakvervluchtiging. Deze ammoniak komt vroeg of laat weer op de grond terecht en draagt dan bij aan de verzuring en in natuurgebieden ook aan ongewenste bemesting. In Nederland komt via de lucht jaarlijks gemiddeld 45 à 50 kg stikstof op de grond terecht. Regionaal kan echter wel 100 tot 200 kg stikstof per ha neerslaan. Bij bosranden zijn zelfs hoeveelheden van 1000 kg per ha per jaar gemeten. Om schade aan de natuur te voorkomen mag er hooguit 10 à 20 kg stikstof per ha per jaar neerslaan.
Ammoniak is één van de stoffen die verzuring veroorzaken. Op het totaal aan verzurende stoffen dat in Nederland de lucht in gaat (en waarvan bijna 80 % buiten ons land terecht komt) is het aandeel van ammoniak

circa 50 %. Ongeveer 90 % van die ammoniak is afkomstig uit de landbouw (13, 14, 15).

Beleid

Artikel 21 van onze Grondwet verplicht de overheid te zorgen voor de bewoonbaarheid van het land en de bescherming en verbetering van het milieu. Tegenover ons recht op een schoon milieu staan plichten. Plichten voor de overheid en niet in het minst plichten voor burgers en bedrijfsleven. Een aantal plichten rond het gebruik van dierlijke mest zijn vastgelegd in de Wet op de Bodembescherming en het daarbij behorende Besluit Gebruik Dierlijke mest. Dit blijkt echter nog niet voldoende te zijn. In 1989 heeft de overheid een flink aantal nota's gepubliceerd met plannen om de milieuproblemen te verminderen of op te lossen. Een aantal van deze nota's bevat ook plannen en plichten voor bemesting in de akkerbouw. Dit zijn:

- Nationaal Milieubeleidsplan
- Derde Nota Waterhuishouding
- Natuurbeleidsplan
- Struktuurnota Landbouw
- Plan van aanpak beperking ammoniakemissie van de landbouw

In deze nota's staan onder andere de volgende voornemens om vermesting en verzuring terug te dringen:

- "...Per 1 januari 1991 wordt het op bouwland en maïsland verplicht de dierlijke mest direkt danwel in twee direkt opeenvolgende werkgangen uit te rijden en in/onder te werken. Om het afwentelen van milieuproblemen van de lucht naar bodem en water te voorkomen (minder vervluchtiging, meer uitspoeling) zal in zandgebieden het uitrijverbod worden uitgebreid. .... In de overige gebieden wordt de wenselijkheid van een uitrijverbod (onder andere in verband met de uitspoelingsverschijnselen en de acceptatie van dierlijke mest) nader bestudeerd." (15)
- "....De bemesting met fosfor wordt conform het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen gefaseerd teruggebracht tot het niveau van de onttrekking van het gewas. Bij de inwerkingtreding van het in voorbereiding zijnde Besluit Kwaliteit en Gebruik Overige Organische Meststoffen (regelt het gebruik van zuiveringsslib en compost) zullen de fosfaatbemestingsnormen gelden voor dierlijke mest en andere organische meststoffen te zamen. Vanaf 1995 zal in de maximale bemestingsnormen ook het gebruik van kunstmest zijn inbegrepen. Hierbij wordt rekening gehouden met de vastlegging van fosfaat in bepaalde bodemtypen in praktisch onoplosbare vormen." (10)
- "...De bemesting met stikstof in de vorm van kunstmest, dierlijke mest of andere organische meststoffen zal in de gebieden waar het grondwater kan worden gebruikt voor drinkwatervoorziening, dat wil zeggen met een zoutgehalte van minder dan 150 mg chloorionen per liter, in 2000 zijn teruggebracht tot een niveau waarbij onder landbouwpercelen de norm van 50 mg nitraat per liter (11,2 mg N) in het grondwater op een diepte van 2 meter onder de waterspiegel niet wordt overschreden. Via onderzoek zullen technieken worden ontwikkeld die ervoor zorgdragen dat enerzijds de milieudoelstellingen worden gerespecteerd en anderzijds er voldoende stikstof is voor een optimale groei van de gewassen.
  De bemesting met stikstof in de vorm van kunstmest, dierlijke mest of andere organische meststoffen mag bovendien niet leiden tot een stikstofgehalte in het oppervlaktewater dat ligt boven de algemene kwaliteitsdoelstelling voor oppervlaktewater (zeer waarschijnlijk 2,2 mg N per liter)." (10)

Mineralenbalans akkerbouw

Op basis van LEI-gegevens over het kunstmestgebruik op akkerbouwbedrijven in 1985/86 en de uitkomsten van de CBS-enquête bij

Tabel 2. Mineralenbalans 1985/86 akkerbouwbedrijven zonder vee.

kg per hectare	N	P_2O_5	K_2O
kunstmest	170	80	130
dierlijke mest	65	45	60
aanvoer	235	125	190
afvoer	130	60	140
verschil	+105	+65	+50

de meitelling van 1986 over het gebruik van mest op akkerbouwbedrijven waar geen mest geproduceerd werd, is een mineralenbalans voor akkerbouw opgesteld (Tabel 2) (2).

Per hectare lijkt het overschot misschien wel mee te vallen, maar per bedrijf of het totale areaal (± 500.000 ha) zijn het zeer grote hoeveelheden. En dan is het akkerbouwareaal op bedrijven waar mest geproduceerd wordt nog buiten beschouwing gelaten.

Het opstellen van een mineralenbalans op bedrijfsniveau is een goed hulpmiddel om mineralenverliezen op te sporen. De verliezen terugdringen is soms eenvoudig, soms moeilijk en soms zelfs onmogelijk. Voor fosfaat geldt dat het zonder meer mogelijk is de aanvoer in evenwicht te brengen met de afvoer in de geoogste produkten. Voor kali op zavel- en kleigronden lukt dit ook nog wel, behalve op fixerende gronden. De kalibalans op zandgronden in evenwicht brengen is niet goed mogelijk, omdat het onvermijdbaar is dat er enige kali uitspoelt. Voor stikstof geldt hetzelfde, maar dan voor alle grondsoorten. Verliezen zijn dus soms onvermijdbaar.

Bij het gebruik van dierlijke mest als meststof kan de benutting van fosfaat en kali daaruit even hoog zijn als uit kunstmest. Voor stikstof uit mest is deze benutting altijd lager. Deze lagere stikstofbenutting is onvermijdbaar. Is ze ook onaanvaardbaar? Alleen als daardoor de grenswaarde voor nitraatuitspoeling overschreden wordt. De stikstofverliezen uit dierlijke mest zijn tegenwoordig onnodig hoog. Door deze terug te dringen slaat men twee vliegen in één klap: besparing op kunstmestkosten en minder vermesting van het milieu. De eerste stap is natuurlijk het voorkomen of minimaliseren van de vervluchtigingsverliezen door de mest direkt of snel onder te werken. De mogelijkheden hiertoe worden besproken in de bijdrage van Huijsmans e.a. De tweede stap is toediening in het voorjaar. Als dat (nog) niet mogelijk is door bijvoorbeeld onvoldoende draagkracht of spoorvorming, kies dan bij herfstaanwending bij voorkeur een mestsoort waarmee relatief weinig stikstof wordt toegediend (tabel 3). Dan zijn uitspoelingsverliezen het geringst. Verdere mogelijkheden om de uitspoelingsverliezen te beperken worden besproken in de bijdrage van Enckevort e.a.

Tabel 3. Stikstofgift met verschillende mestsoorten, bij een dosering waarbij 70 resp. 125 kg P_2O_5 per ha wordt toegediend.

mestsoort	70 kg P_2O_5		125 kg P_2O_5	
	ton/ha	kg N	ton/ha	kg N
vaste kippemest	2,5	60	4,5	105
vaste kalkoenemest	3,5	65	6,5	110
champignonmest	9	65	16	110
slachtkuikenmest	3	75	5	135
dunne kippemest	9	95	16	170
dunne varkensmest	18	115	32	210
dunne rundveemest	39	170	69	305

Knelpunten

Eén van de oplossingsrichtingen voor de mestoverschottenproblematiek is het stimuleren van de afzet naar akkerbouwgebieden buiten de zogenoemde overschotsgebieden. Zolang de belangrijkste oplossingsrichting centraal behandelen (be- en verwerken) van mest- niet gerealiseerd is, is een zo hoog mogelijke afzet naar de akkerbouw erg belangrijk. Daarom zijn er diverse maatregelen getroffen voor het bevorderen van kwaliteitsverbeteringen van dierlijke mest zoals het kwaliteitspremiesysteem voor dunne mest van de Stichting Landelijke Mestbank en het aanstellen van bedrijfsbezoekers voor voorlichting aan veehouders over de mogelijkheden voor verbetering van de mestkwaliteit. Verder is het initiatief genomen tot onderzoek aan knelpunten voor acceptatie van dierlijke mest bij akkerbouwers (9). Een veel genoemd knelpunt is de mogelijkheid dat door distributie van mest allerlei schadelijke ziekten en onkruiden verspreid worden. De bijdrage van Elema e.a. geeft een beknopt overzicht van de onderzoeksresultaten over dit onderwerp.
In de Veenkoloniën leefde de vraag of het onderwerken van dierlijke mest gecombineerd kan worden met de voorbewerking van de grond voor het ontsmetten van de grond met metam-natrium en methylisothiocyanaat zonder het ontsmettingsresultaat te beïnvloeden. Onderzoek heeft aangetoond dat dit inderdaad mogelijk is (16).
Zoals reeds vermeld wordt er verder nog onderzoek verricht naar de toedieningstechnieken en de mogelijkheden om de nitraatuitspoeling te verminderen. Andere aspekten die nog van invloed zijn op de gebruikswaarde van dierlijke mest zijn de gehalten aan voedingsstoffen en zware metalen daarin.

Samenstelling laten meten

Zorgvuldig gebruik van dierlijke mest als meststof vereist goede informatie over de samenstelling. De samenstelling van de mestsoorten is sterk verschillend. Voornamelijk door verschillen in voer en voersamenstelling, en verder door verschillen in soort en hoeveelheid stalstrooisel, gemorst drinkwater en spoelwater. Verder kan bij de opslag van dunne mest ontmenging optreden, waardoor de mest bovenin een andere samenstelling heeft dan de mest onderin. Niet alleen de samenstelling per mestsoort is verschillend maar er zijn ook grote verschillen binnen een mestsoort. De mestsamenstelling verschilt per bedrijf en bij onvoldoende menging zelfs per vracht (6).
Een afwijking van het gemiddelde van één of twee kg per ton lijkt niet veel, maar als er 60 ton mest per hectare wordt toegediend is er wel sprake van een aanzienlijke afwijking. De kans dat het gehalte afwijkt is vrij groot. In tabel 4 staat een overzicht van de gemiddelde samenstelling van dunne mest van mestvarkens en leghennen en de bijbehorende standaardafwijking (7).
Dunne mest van mestvarkens bijvoorbeeld bevat gemiddeld 6,5 kg N per ton. Eén op de drie partijen heeft echter een gehalte dat minstens 1,4 kg N per ton hoger of lager ligt. Dit betekent dat als men uitgaat van het ge-

Tabel 4. Gemiddelde samenstelling van dunne mest van mestvarkens en leghennen en de standaardafwijking (kg/ton).

component	mestvarkens		leghennen	
	gem.	st.afw.	gem.	st.afw.
droge stof	74	25	144	33
org. stof	49	19	92	18
stikstof	6,5	1,4	10,6	1,5
fosfaat	3,9	1,5	7,9	2,4
kali	6,8	1,5	6,1	1,2

middelde, de kans 1 op 3 is dat bij een gift van 60 ton per ha in werkelijkheid minstens 60 x 1,4 = 84 kg N per ha meer of minder toegediend wordt dan men denkt te geven. Voor optimale bemesting is deze afwijking en de kans daarop onacceptabel groot. Bij de aankoop en toediening van dierlijke mest dient men voor zorgvuldige bemesting dus uit te gaan van gemeten gehalten in plaats van de gemiddelde samenstelling.

Laboratoriumanalyse

Er wordt nogal eens naar voren gebracht dat mestonderzoek zo lang duurt, en dat daarom behoefte is aan snelle meetmethoden.
Op het gebied van snelle meetmethoden zijn er weinig bruikbare mogelijkheden. Om te beginnen zijn er op basis van laboratoriumanalyse slechte tot redelijke correlaties gevonden tussen de elementen onderling (tabel 5). Van de hoofdelementen in dunne mest van mestvarkens en leghennen heeft alleen fosfaat een redelijke correlatie met het droge stofgehalte. Als het droge stofgehalte bekend is kan voor dunne mest dus een redelijke schatting van het fosfaatgehalte gemaakt worden, maar niet voor stikstof, en zeker niet voor kali. De slechte verbanden worden enerzijds veroorzaakt door de eerder genoemde faktoren die de samenstelling beïnvloeden. Daarnaast treedt tijdens de bewaring (vooral bij vaste mest) afbraak van organische stof op, waardoor de concentratie aan voedingselementen (als percentage van de droge stof) toeneemt.

Tabel 5. Correlatiecoëfficiënten tussen gemeten droge stofgehalten en een aantal andere componenten in dunne mest van mestvarkens (v.d.m.) en leghennen (k.d.m.)

component	v.d.m.	k.d.m.
org. stof	0,99	0,92
stikstof	0,84	0,51
ammonia	0,63	0,18
fosfaat	0,91	0,85
kali	0,68	0,38

Voor stikstof geldt dat tegenover deze toename ook een afname door ammoniakvervluchtiging staat (5). Het eindresultaat is niet steeds gelijk.

Het droge stofgehalte is alleen in het laboratorium goed te meten. Fosfaat en kalium kunnen niet op een snelle manier langs direkte weg gemeten worden en stikstof maar ten dele. Daarvoor zijn eenvoudige apparaten beschikbaar (Quantofix, Stickstoffpilot) waarmee snel en vrij nauwkeurig het gehalte aan niet-organisch gebonden stikstof in drijfmest gemeten kan worden (3, 4). Het verband tussen dit gehalte en het gehalte aan organische stikstof is gemiddeld circa 1:1, maar kent een vrij grote spreiding. Figuur 1 illustreert dit voor dunne mest van mestvarkens.

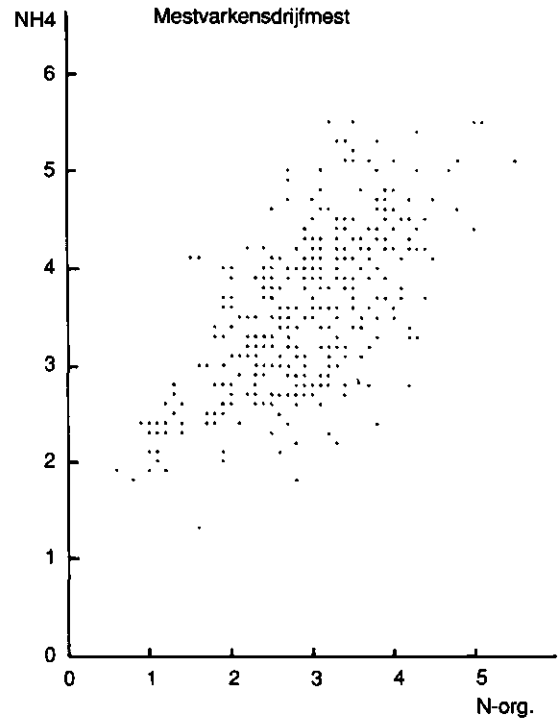


Fig. 1. Verband tussen het gehalte aan organisch gebonden stikstof (N-org.) en niet-organisch gebonden stikstof (NH_4) in dunne mest van mestvarkens (kg/ton).

Uit het bovenstaande is geconcludeerd dat het geen zin heeft tijd en arbeid te steken in de ontwikkeling van snelle meetmethoden. Deze kunnen beter geïnvesteerd worden in de organisatie van mestonderzoek door een laboratorium.

Chloor

Aardappelen reageren negatief op chloorhoudende meststoffen die in het voorjaar worden toegediend (zie tabel 6). Bij herfsttoediening is dat niet het geval omdat het chloor dan uitspoelt. Dierlijke mest bevat ook chloor. In tabel 7 staat voor een aantal mestsoorten en een aantal doseringen vermeld hoeveel chloor gemiddeld toegediend wordt. Uit de tabellen 6 en 7 blijkt dat voorjaarstoediening van rundveedrijfmest voor aardappelen op zand- en dalgrond onverstandig is. Ook een voorjaarsgift van ongeveer 60 ton varkensdrijfmest voor fabrieksaardappelen wordt afgeraden.

Zware metalen

Dierlijke mest bevat van nature niet onbetekenende hoeveelheden zware metalen zoals cadmium, lood, koper, zink, kwik, nikkel en chroom. Deze metalen zitten in de grondstoffen voor het voer. Sommige metalen, zoals Cu en Zn worden tevens aan het voer toegevoegd (als een soort antibioticum tegen de darmflora) om de voederconversie te verbeteren.
De aanvoer van zware metalen op landbouwgrond via de lucht/neerslag, kunstmest, dierlijke mest, bagger, bestrijdingsmiddelen, zuiveringsslib en/of compost is groter dan de afvoer met de geoogste produkten. Zware metalen spoelen nauwelijks uit en hopen zich daarom gemakkelijk op in de bouwvoor. Als de concentratie uiteindelijk te hoog wordt, kan er op twee manieren schade ontstaan. De ene is dat de groei van het gewas wordt geremd, waardoor opbrengstderving ontstaat. De andere manier is dat het gewas het metaal in zo'n hoge concentratie opneemt dat het consumeren ervan op den duur schadelijk is voor de consument. Bij overschrijding van bijv. warenwetnormen mag het geoogste produkt niet in de handel worden gebracht. Gelukkig komen deze problemen tot nu toe zelden voor. En om dat zo te houden worden er allerlei maatregelen genomen om de aanvoer van zware metalen te verminderen, zoals de overschakeling op loodarme benzine, zuivering van rookgassen, kwaliteitseisen en doseringsnormen voor zuiveringsslib en compost, etc. Ook de

Tabel 6. Derving bij aardappelen door voorjaarstoediening van chloor.

kg Cl/ha	knolopbrengst			o.w.g. (gram)		uitbet. gew. zand/dal
	zand/dal	zavel	klei	zand/dal	zavel/klei	
125	3,5%	1,5%	0,5%	24	13	10%
250	5,5%	3,0%	1,0%	31	21	14%

Tabel 7. Kg chloor per ha met een aantal maatdoseringen.

mestsoorten	70 kg P_2O_5	125 kg P_2O_5	250 kg P_2O_5
rundveedrijfmest	115	210	420
varkensdrijfmest	30	55	110
kippedrijfmest	15	25	50
vaste kippemest	20	35	70
slachtkuikenmest	15	30	60

diervoeders worden aan steeds strengere normen onderworpen. Het Produktschap voor Veevoeders heeft in de 'Verordening Diervoeders 1986' de maximum toegestane gehalten aan koper en zink in diervoeders vastgelegd. Het beleid van de overheid is er opgericht de totale aanvoer van zware metalen op landbouwgrond dusdanig te verminderen dat de aanvoer niet hoger is dan de afvoer van deze bestanddelen met het geoogste produkt. De huidige gehalten aan zware metalen in dierlijke mest en kunstmestfosfaat zijn dusdanig dat bij normaal gebruik het gehalte van sommige metalen in de grond stijgt (zie tabel 8). Dit gaat echter in een laag tempo. Bij een netto aanvoer van 3 gram per hectare stijgt het gehalte ongeveer 0,001 milligram per kg droge grond. De aanvoer van zware metalen via mest is niet dusdanig dat er redenen zijn om af te zien van het gebruik van dierlijke mest (tenzij de grond al een hoog gehalte aan één of meer zware metalen bevat). (1, 8, 17).

Samenvatting

Dierlijke mest is voor de akkerbouw een aantrekkelijke meststof. De plantevoedingselementen in deze mest zijn goedkoper dan in kunstmest. Verder wordt er organische stof aangevoerd, wat gunstig is voor de fysische bodemvruchtbaarheid. Dierlijke mest dient zorgvuldig gebruikt te worden om de verliezen van stikstof (en kali) door vervluchtiging of uitspoeling zo gering mogelijk te houden en daarmee ook een zo hoog mogelijke benutting te verkrijgen en het milieu te ontzien.

Literatuur

1) Breimer, T. en K.W. Smilde. De effekten van organische mestdoseringen op de zware metaalgehalten in de bouwvoor van akkerbouwgronden. In 'Themadag organische stof in de akkerbouw', themaboekje nr 7, PAGV, 1986.

2) CAD voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de Akkerbouw en Tuinbouw. Mineralenbalansen voor de Akkerbouw en Tuinbouw (Mag het ook ietsje minder zijn?). Wageningen, februari 1989.

3) Ditter, P. Geraete zur manometrischen und gasvolumetrischen Schnellbestimmung von Ammonium-Stickstoff in Flüssingmist. KTBL-Arbeitsblatt nr 0227, Verlag E.F. Beckmann, 1987.

Tabel 8. Cadmium, lood, koper en zinkaanvoer met meststoffen (in gram per 70 kg fosfaat), neerslag (g/ha) en de gemiddelde jaarlijkse afvoer met de geoogste produkten en het drainwater (g/ha) (1, 8).

mestsoort	cadmium	lood	koper	zink
dunne kippemest	0,9	5	140	510
vaste kippemest	0,9	5	140	510
dunne varkensmest	1,1	10	350	600
dunne rundermest	1,2	42	120	195
vaste rundermest	1,7	42	100	440
champignonmest	2,7	65	185	525
kunstmestfosfaat	5,6	1	9	55
zuiveringsslib [1]	7,0	600	850	2800
zuiveringsslib [2]	2,5	200	150	600
neerslag	2,7	98	56	394
afvoer gewassen	1,4	1,5	40	250
drainwater	1,3	4	75	88

[1] *max. toegestane aanvoer in g per ha per jaar; tot 1995*
[2] idem; tot 1995-2000

4) Feige, W. et al. Wie genau arbeiten N-Schnelltester bei Gülle? Top Agrar (11) 1986. (+(2) 1987).

5) Henkens, Ch. H. Analyseresultaten van kippemestmonsters. Buffer nr 5 1984.

6) Hoek, K.W. van der. Variatie in samenstelling van dierlijke mest. Buffer nr 2 1989.

7) Hoeksma, P. De samenstelling van drijfmest die naar akkerbouwbedrijven wordt afgezet. IMAG- 1988

8) Meeuwissen, P.C. Pas op met aanvoer zware metalen via meststoffen. Boer en Tuinder 6 november 1987.

9) Ministerie van Landbouw en Visserij. Strategienota Mestdistributie, 1988.

10) Ministerie van Landbouw en Visserij. Struktuurnota Landbouwbeleidsvoornemens, 1989.

11) Ministerie van Landbouw en Visserij. Natuurbeleidsplan-beleidsvoornemens, 1989.

12) Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Derde Nota Waterhuishouding - Water voor nu en voor later. Tweede Kamer vergaderjaar 1988-1989, 21 250 nrs 1-2.

13) Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Nationaal Milieubeleidsplan - kiezen of verliezen. Tweede Kamer vergaderjaar 1988-1989, 21 137, nrs 1-2.

14) Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. De problematiek van de verzuring - Bestrijdingsplan Verzuring. Tweede Kamer vergaderjaar 1988-1989, 18 225, nr 31.

15) Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Plan van aanpak beperking ammoniak-emissie van de landbouw, beleidsvoornemen, 1989.

16) Smelt, J.H. en A.E. Groen. Effekten van drijfmest en ammoniak op de omzetting van metam-natrium en methylisothiocyanaat in grond. IPO, 1988.

17) Smilde, N.W. Zware metalenbalansen zijn niet in evenwicht. Landbouwkundig Tijdschrift nr 2, 1989.

Toedieningsmethoden van dunne mest

J.F.M. Huijsmans, IMAG
G.J.M. van Dongen, PAGV

1. Inleiding

De mesttoediening in de akkerbouw heeft in het licht van de toenemende afzet van de mest naar de tekortgebieden de volle belangstelling. Onder toediening wordt hier verstaan het doseren en verdelen van de mest op het veld en het in- of onderwerken ervan in de bodem. Dit betekent voor de mestbenutting dus het toedienen van de voedingsstoffen voor het gewas op die plaats en dat tijdstip wanneer er behoefte aan is.
Meerdere toedieningsmethoden zijn in ontwikkeling of worden reeds op praktijkschaal toegepast. Hierbij spelen zowel de landbouwkundige als milieukundige aspecten, die deels in elkaars verlengde liggen, een belangrijke rol. Voor de mestbenutting door het gewas en voorkoming van emissies naar het milieu zijn voor de toedieningstechnieken de volgende factoren van belang :

- nauwkeurige dosering en optimale verdeling van de mest op het veld;
- tijdstip waarop de voedingsstoffen ter beschikking van het gewas moeten komen;
- beperking van de emissie van ammoniak door in- of onderwerken van de mest, waarbij de voedingsstoffen goed opneembaar moeten blijven voor het gewas.

2. Dosering en verdeling van de mest op het veld

Voor een optimale mestbenutting dient de mest nauwkeurig gedoseerd en optimaal verdeeld te worden over het land. Plaatselijke onder- of overdoseringen kunnen leiden tot opbrengstderving en kwaliteitsverlies. Een overmatig gebruik leidt tot uitspoeling, terwijl toediening op het verkeerde tijdstip uit- en afspoeling tot gevolg kan hebben.

De verliezen als gevolg van een slechte verdeling en daarmee een niet optimale bemesting kunnen afhankelijk van de omstandigheden en het gewas oplopen tot honderden guldens per hectare (Dilz, 1986 en Van den Bosch, 1988). Vooral plaatselijke over- of onderdoseringen kunnen aanleiding zijn tot grote opbrengstdervingen en kwaliteitsverschillen. Een slechte verdeling komt soms direct aan het licht door strooibanen in het gewas. In de regel betekent dit een opbrengst- en kwaliteitverlies. Op een laag bemestingsniveau is door een hogere mestgift nog een opbrengstverhoging te behalen. Dit betekent dat bij een slechte verdeling een opbrengstderving als gevolg van een plaatselijke onderdosering van de mest soms gecompenseerd wordt door hogere opbrengsten op overbemeste plaatsen. Bij een hoog bemestingsniveau is door extra bemesting geen meeropbrengst te behalen en is deze compensatie bij een slechte verdeling niet mogelijk.

Verschillen in kwaliteit als gevolg van een slechte verdeling komen vaak tot uiting in een ongelijkmatige afrijping van het gewas, wat moeilijkheden kan veroorzaken bij onder andere de oogst, opslag en verwerking van de produkten. Een goede verdeling en dosering is noodzakelijk voor heel het veld dus ook de kopakkers. Een goede verdeling valt of staat met de homogeniteit van de samenstelling van de mest en de werking van de toedieningsapparatuur.

2.1 Homogeniteit van de mestsamenstelling

Bij het gebruik van mest in de akkerbouw

dient voldaan te worden aan de kwaliteit en de beschikbaarheid van de mest. Voor een goede gelijkmatige verdeling op het land moet de mest homogeen van samenstelling zijn . Uitgegaan dient te worden van goed gemengde mest, die van dezelfde opslag wordt betrokken, zodat variaties in de samenstelling van de aangeleverde mest zoveel mogelijk worden voorkomen. Gedurende het transport over langere afstanden is geen ontmenging van varkensmest geconstateerd (Hoeksma, 1988). De mesttransportwagens voorzien van een roerinstallatie lijkt daarom niet noodzakelijk.
Bij het gebruik van mest is het naast de voorwaarde dat de mest homogeen moet zijn van belang dat de samenstelling gemeten wordt. De samenstelling blijkt namelijk grote variaties te vertonen en niet overeen te komen met de gemiddelde samenstelling waarmee vaak door de voorlichting wordt gewerkt (Hoeksma, 1988). Een monstername van de mest kan vooraf plaatsvinden, wanneer bekend is waar de mest vandaan komt, of bij de toediening. Vaak betekent dit dat de samenstelling pas achteraf bekend is. Het laten analyseren van de samenstelling is echter van groot belang om te weten hoe hoog de gift van de verschillende elementen in de mest is geweest, zodat kunstmestgiften hierop afgestemd kunnen worden.

2.2 Verdeelnauwkeurigheid van de toedieningsapparatuur

In de jaren 1986 en 1987 is in Nederland onderzoek verricht naar de mestverdeling van mengmestverspreiders in de praktijk (Baumann, 1988). De meetgegevens zijn hierbij verwerkt tot verdeelpatronen, waarbij als maat voor de nauwkeurigheid van de verdeling de variatiecoëfficiënt (VC) is gehanteerd. Een goede verdeling wordt bereikt bij een VC van kleiner dan 10%. Bij de metingen aan de mengmestverspreiders in de praktijk werd een gemiddelde VC van 37% gevonden, met uitschieters tot 57%. Ook in onderzoek in het verleden is aangetoond dat het vaak slecht gesteld is met de verdeelnauwkeurigheid van de mengmestverspreiders. Metingen in Duitsland hebben aangetoond dat met aangepaste verdeelsystemen een goede verdeling (tot VC 15%) bij meerdere machines haalbaar is (Anonymus, 1989 en Ratschow, 1989).

Een goede verdeelnauwkeurigheid wordt echter bereikt bij een bepaalde werkbreedte van de mengmestverspreider. Deze effectieve werkbreedte ontstaat door een goede overlapping van de spreidpatronen van de aaneengesloten werkgangen. In figuur 1 is een verdeelpatroon weergegeven van bovengronds toegediende mest (Huijsmans en Hofstee, 1989). Uit de verdeling is af te lezen dat de spreidbreedte meer dan 16 m bedraagt. Een variatiecoëfficiënt van kleiner dan 15% wordt bereikt bij een optimale effectieve werkbreedte van 13 tot 15 m. Wanneer door een verkeerde overlapping een werkbreedte van 10 m aangehouden wordt neemt de verdeelnauwkeurigheid sterk af tot een VC van 30%. In de praktijk is de effectieve werkbreedte vaak onbekend en wordt de benodigde mate van overlapping vaak visueel beoordeeld. Hierdoor ontstaan afwijkingen van de effectieve werkbreedte, waardoor de goede verdeling verloren gaat. Door bijvoorbeeld kleine veranderingen aan de stand van een verdeelunit wordt de spreidbreedte beïnvloed en zal een andere overlapping van de banen noodzakelijk zijn om tot een goede verdeling te komen.

Naast een goede breedteverdeling is een goede verdeling in de lengte noodzakelijk. De dosering naar de verdeelapparatuur dient constant te zijn bij een bepaalde rijsnelheid. Bij een vaste uitstroomsnelheid van de mest leiden variaties in de rijsnelheid gelijk tot grote verschillen in de mestgift op het perceel.

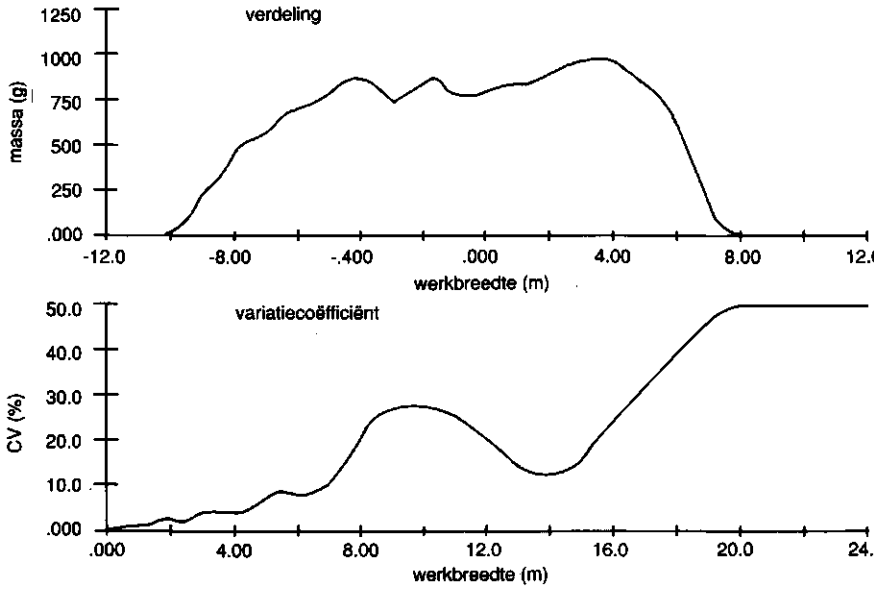
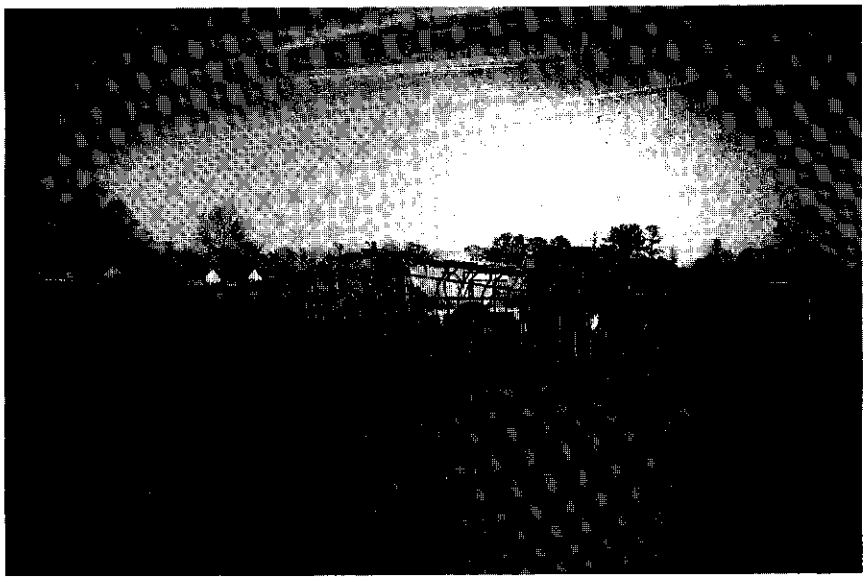


Fig. 1. Verdeelpatroon van een mengmestverspreider en de variatiecoëfficiënt bij verschillende werkbreedten na overlapping van aangesloten werkgangen (Huijsmans en Hofstee, 1989).

2.3 Ontwikkelingen toedieningsapparatuur

Voor de toediening van dunne mest worden met name vacuumtanks en pomptankwagens toegepast. De dosering van de mest geschiedt bij de vacuumtank door overdruk in de tank. Bij de pomptankwagen wordt in het algemeen een verdringerpomp toegepast, waarbij door instelling van het toerental van de pomp de dosering van de mest geregeld kan worden. Dit maakt een automatische dosering afhankelijk van de rijsnelheid mogelijk, zodat een vast ingestelde mestgift voor het hele perceel wordt bereikt ongeacht variaties in de rijsnelheid. Voor de verdeling van de mest zijn verschillende systemen te onderscheiden. Bij het systeem met ketsplaten wordt de mest tegen een vaak schuinstaande plaat gespoten en verspreidt zich over de werkbreedte. De verspreiding kan hierbij in een boog door de lucht plaatsvinden of rechtstreeks in de breedte naar de grond gericht. Verdeelunits met een pendelsysteem verspreiden door de heen en weer gaande beweging van de pendel de meststroom in de breedte. De wind kan bij de bovengenoemde toedieningssystemen een slechte verdeling veroorzaken. Hierbij ontstaat een scheve ongelijkmatige breedteverdeling die ook door overlapping niet te corrigeren is. Dit treedt met name op wanneer de mest in een boog door de lucht wordt verspreid. Bij enkele systemen wordt de mest via een verdeelboom en meerdere doseeropeningen verspreid. Voor de bovengrondse toediening zijn in het onderzoek goede ervaringen opgedaan met een sleepslangenverdeler. De mest wordt hierbij over 40 slangen verdeeld die met een onderlinge afstand van 30 cm over de grond slepen of net boven de grond hangen. Bij een gelijke dosering van de mest over de individuele slangen wordt een afgebakende werkbreedte van 12 m bereikt. Een slechte verdeling door een verkeerde overlapping is uitgesloten. Beïnvloeding van de verdeelnauwkeurigheid door de wind wordt geheel voorkomen.

Onder deze systemen die de mest over een vaste werkbreedte direct bij de grond verdelen vallen ook de methoden waarbij de mest direct in de grond wordt gebracht. Voor een



Sleepslangenmachine.

goede verdeelnauwkeurigheid moet de dosering van de verschillende doseeropeningen (bijvoorbeeld de slangen of injectietanden) gelijk zijn. Voor deze gelijke dosering over de verschillende units worden onder andere verdeelvaten, aangedreven roterende verdeelschijven en meerkamerpompen toegepast. Voor een goede verdeling is het noodzakelijk dat naar en in de doseeropeningen geen verstoppingen optreden. Ook de verdeelunits zelf dienen storingsvrij te werken. De laatste jaren is vanuit het onderzoek en in het bedrijfsleven veel aandacht besteed aan de voorkoming van verstoppingen. Hierbij is uitgegaan van ruime doseeropeningen, versnijdingssystemen voor of in de verdeelunit en ontstoppings- of doorstootsytemen in de doseeropeningen. Met behulp van filters kunnen grove verontreinigingen uitgescheiden worden tijdens het vullen van de tank.

2.4 Mogelijkheden en perspectieven

Wat betreft de toediening van dierlijke mest op bouwland is een goede doseer- en verdeelnauwkeurigheid haalbaar. Voor een goede verdeling blijft het echter noodzaak dat de mest van constante, homogene kwaliteit is. De bedrijfszekerheid van de toedieningsapparatuur is vaak een probleem. Verontreinigingen in de mest kunnen verstoppingen veroorzaken en daarmee een slechte verdeling tot gevolg hebben. Verschillende filter- en versnijdingstechnieken zijn ontwikkeld om verstoppingen in leidingen te voorkomen.

Naast de bedrijfszekerheid van deze apparatuur spelen de kosten een rol. Een goede verdeling gaat gepaard met duurdere mechanisatie. De toepassing van een goed verdeelsysteem met toediening van de mest gelijk in de grond verhoogt de kosten met *f* 3,- tot *f* 4,- per m^3 mest, wanneer het in loonwerk uitgevoerd wordt. Hierbij worden de extra kosten voor het onderwerken van de mest bespaard. Tegenover de kosten staan echter de opbrengsten en de uniformere kwaliteit van het eindprodukt. Ook de inzetbaarheid op het juiste tijdstip zal kritisch bezien moeten worden. Over het algemeen is weinig tijd beschikbaar voor toediening op het juiste tijdstip en is het noodzaak dat de toediening op korte termijn mogelijk is. Dit heeft de consequentie dat voldoende capaciteit aanwezig moet zijn in loonwerk of gekozen moet worden voor eigen mechanisa-

tie. Bovendien moet de mest op korte termijn op afroep beschikbaar zijn.

3. Tijdstip van toediening

De meststoffen moeten voor een optimale groei van het gewas op het juiste tijdstip en in de juiste hoeveelheid beschikbaar zijn. Uitrijverboden zijn opgesteld voor die perioden van het jaar met een verhoogde kans op af- en uitspoeling. Uitspoeling van de mineralen is het gevolg van een overmatige bemesting op een tijdstip wanneer hier voor het gewas geen behoefte aan is of wanneer het niet mogelijk is om de mineralen op te nemen. Afspoeling kan het gevolg zijn van mesttoediening op een tijdstip waarop de mest niet in de grond kan dringen en bij overmatige neerslag afspoelt van het veld. Door de verplichting om de mest in- of onder te werken wordt de afspoeling mede teruggedrongen.

3.1 Voorjaarstoediening van de mest

In tabel 1 is de geschatte hoeveelheid minerale stikstof weergegeven die beschikbaar is voor het hoofdgewas bij diverse tijdstippen en wijzen van toediening (naar Lammers, 1984). Hieruit blijkt dat de hoeveelheid N die werkelijk ten goede kan komen aan het hoofdgewas bij gebruik van een groenbemester en/of stro gering is. Dit geldt sterker naarmate de gift groter is. De in de praktijk gebruikelijke najaarsgiften gaan daarom met grote N-verliezen gepaard. Daarom wordt aan voorjaarstoediening de voorkeur gegeven, vanwege de betere beschikbaarheid van de nutrienten. In de voordracht van Van Enckevort zal op de bemestende waarde en uitspoeling van voedingsstoffen nader ingegaan worden.

Op de zandgronden en lichte zavelgronden, waar de hoofdgrondbewerking in het voorjaar plaatsvindt, is de toediening in het voorjaar voorafgaande aan het gewas gebruikelijk. Het direct in- of onderwerken van de

Tabel 1. Hoeveelheid minerale stikstof (kg N per ha) welke in beginsel voor het hoofdgewas beschikbaar is indien de mest direct ingewerkt wordt na toediening op verschillende tijdstippen (naar Lammers,1984).

gift per ha				beschikbare minerale stikstof (kg per ha) bij toediening in:			
				herfst		voorjaar	
fosfaat (kg)	mestsoort (m^3)	stikstof (kg)		+ stro	+ groenb.	+ stro + groenb.	
70	RDM (39)	86	13	30	61	52	86
	VDM (16)	54	8	26	41	28	54
	KDM (8)	53	8	25	40	27	53
125	RDM (69)	153	23	40	71	88	153
	VDM (28)	97	15	32	63	60	97
	KDM (14)	95	14	32	62	59	95
250	RDM (139)	306	46	63	94	111	306
	VDM (57)	193	29	46	77	94	193
	KDM (28)	191	29	46	77	94	191

mest kan gecombineerd plaatsvinden met de hoofd- of voorjaarsgrondbewerking. Op de zwaardere gronden wordt dierlijke mest over het algemeen op stoppelland toegediend in het najaar. Naar aanleiding van het voorgaande zou ook op deze gronden voor een goede mestbenutting de toediening in het voorjaar moeten plaatsvinden. Hierbij stuit men echter op problemen zoals structuurschade aan de bodem en insporing als gevolg van de mechanisatie voor de mesttoediening. Dit kan leiden tot een onregelmatige opkomst, een ondiep wortelend gewas en een onvolledige benutting van de grotere beschikbaarheid aan N door het gewas. De beoogde betere mestbenutting gaat hierdoor verloren. Bij de toediening in het voorjaar is het daarom een vereiste dat de toedieningsapparatuur zodanig is uitgerust dat structuurschade aan de bodem wordt voorkomen. Hierbij moeten de bodemcondities het uiteraard toestaan dat mest toegediend kan worden. Maar ook de mest zelf kan aanleiding geven tot een uitstel van een geplande zaaibedbereiding. De met de mest toegediende hoeveelheid vocht kan mede tot gevolg hebben dat de toplaag van de bouwvoor minder geschikt wordt voor een fijne zaaibedbereiding op dat moment. Een mestgift van 30 m^3 per ha komt wat de vochthoeveelheid betreft overeen met een korte hevige regenbui van 3 mm.
Op dit moment zijn de mogelijkheden voor voorjaarstoediening op de zwaardere gronden nog volop in onderzoek. Hierbij wordt vanuit de mechanisatie naar optimale methoden gezocht met minimale schade aan de bodem. Naast het effect op de mestbenutting heeft in dit onderzoek ook de korte tijdperiode waarin toediening mogelijk is de aandacht.

3.2 Mogelijkheden en perspectieven

Het op het juiste moment aanbieden van de voedingsstoffen aan het gewas kan bijdragen tot een goede mestbenutting. Voor dierlijke mest is dit niet altijd even gemakkelijk omdat de gebonden mineralen in de loop van het seizoen vrijkomen. Voorjaarstoediening is een mogelijkheid om te komen tot een betere mestbenutting daar de niet gebonden mineralen direct opneembaar zijn.
Met betrekking tot de toedieningstechniek moet rekening worden gehouden met eventuele structuurschade aan de bodem als gevolg van de toedieningsapparatuur met name in het voorjaar op de zwaardere gronden. Hierbij is tevens het aantal werkbare dagen voor zaai- en pootbedbereiding van belang. Deze dagen moeten optimaal benut worden, zodat mesttoediening slechts ingepast kan worden wanneer hiervan geen schade aan de bodem wordt ondervonden.
De toedieningsapparatuur dient zodanig uitgerust te zijn dat schade wordt voorkomen. Een goede bandenkeuze of een toedieningssysteem waarbij met weinig gewicht over het land gereden wordt komen in aanmerking voor de mesttoediening. Hierbij valt o.a. te denken aan systemen voor mestverregening of mesttoevoer via een slang naar de toedieningsapparatuur (Huijsmans en Snel, 1987).
Bij de toediening moet de keuze gemaakt worden tussen het bovengronds toedienen waarbij de mest in een direct volgende werkgang in- of ondergewerkt wordt of een methode, waarbij de mest in een werkgang wordt toegediend en in- of ondergewerkt. Beide systemen hebben hun specifieke voor- en nadelen. Bij de eerste methode kan met een grote werkbreedte gewerkt worden en kan het in- of onderwerken soms tegelijk met de voorjaarsgrondbewerking plaatsvinden. Dit heeft minder sporen tot gevolg en daarmee minder kans op structuurschade. Bij het direct in de grond toedienen wordt een extra werkgang bespaard, wat een betere inpasbaarheid mogelijk maakt in de korte periode waarop mesttoediening mogelijk is. De toediening in het gewas biedt hier de mogelijkheid om op een later tijdstip alsnog mest toe te dienen. De schade aan het jonge gewas dient beperkt te blijven. In mais wordt onderzocht of de plaatsing van de mest bij de gewasrijen een gunstig effect op de benutting heeft.

4. In- of onderwerken van de mest

De verplichting tot in- of onderwerken van de mest heeft tot doel de ammoniakemissie te beperken en eveneens stankoverlast te voorkomen. Vermindering van de ammoniakemissie betekent dat meer stikstof uit de mest ter beschikking van het gewas kan komen. Bij het in- of onderwerken van de mest moet echter rekening worden gehouden met de verdeling van de mest door de bouwvoor. Ook hierbij spelen verdeelnauwkeurigheid en tijdstip van gewasbehoefte een belangrijke rol. De mest moet bereikbaar en op het juiste tijdstip beschikbaar en opneembaar zijn voor het gewas.

4.1 Beperking van de ammoniakemissie

Bij de mesttoediening dient onderscheid gemaakt te worden tussen twee emissiebronnen nl. de emissie tijdens het uitrijden en die na het uitrijden. Met 'tijdens het uitrijden' wordt bedoeld de periode tussen het uitstromen van de mest uit de toedieningsmachine en het op het land terecht komen. Dit houdt dus in de periode dat de mest in de lucht verblijft tijdens het verspreiden. De emissie na het uitrijden start wanneer de mest op of in de grond is gebracht.

De spreidwolk achter een mengmestverspreider wordt vaak aangemerkt als een grote potentiële emissiebron. Deze is echter van ondergeschikt belang (Bruins en Cappon,1988). De emissie tijdens het uitrijden is minder dan 1% van de totaal opgebrachte ammoniumstikstofgift (Pain en Klarenbeek, 1988, Bruins en Huijsmans, 1989). Deze lage emissie is te verklaren door de korte verblijftijd van de mest in de lucht. Het laag bij de grond verspreiden is dus vanuit het oogpunt van emissiebeperking niet noodzakelijk. Dit neemt echter niet weg dat door toediening laag bij de grond windinvloeden vrijwel worden uitgesloten wat de mestverdeling ten goede komt.

Nadat de mest is toegediend vervluchtigt, wanneer niet wordt ingewerkt, gemiddeld 50% van de met de mest toegediende ammoniumstikstof. Deze waarde is een gemiddelde; in werkelijkheid treedt een grote variatie op welke een gevolg is van onder andere de mestsoort en samenstelling, de bodemcondities en de weersomstandigheden. Door verdunning van de mest wordt de concentratie ammonium verlaagt en dringt de mest sneller in de grond. Beide dragen bij aan de beperking van de emissie. In figuur 2 is het verloop van de emissiesnelheid weergegeven na bovengrondse toediening van varkensmest (Huijsmans en Klarenbeek, 1988). Duidelijk blijkt de hoogte van de emissie de eerste uren na de toediening. Verschillen in de hoogte van de emissie komen ook tot uiting als gevolg van verschillen in temperatuur, straling en windsnelheid gedurende de dag en de nacht. In figuur 2 is te zien dat gedurende de avond en nacht de

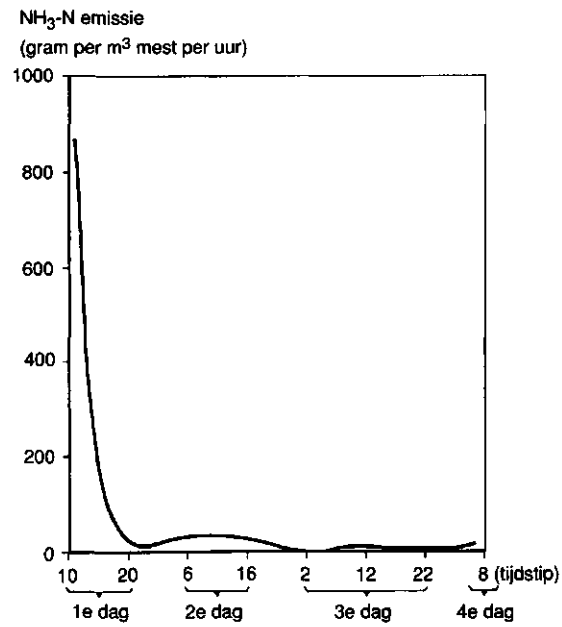


Fig. 2. Verloop van de emissiesnelheid na bovengrondse toediening van varkensmest. De mest is om 10 uur 's ochtends (de eerste dag) toegediend (Huijsmans en Klarenbeek, 1988).

emissie afneemt om vervolgens in de loop van de dag weer toe te nemen. De mest is hier om 10 uur 's ochtends uitgereden. Deze invloed van de dag en nacht op de emissie is ook in ander onderzoek geconstateerd (v.d. Molen, 1990). Koud en regenachtig weer heeft een lagere emissie tot gevolg dan droog zonnig weer.

De laatste jaren is veel onderzoek verricht naar de ammoniakemissie van bovengronds toegediende mest. Afhankelijk van de omstandigheden tonen alle metingen het snelle verloop van de emissie aan gedurende de eerste uren na toediening. Beperking van stikstofverliezen als gevolg van vervluchtiging is dan ook alleen mogelijk wanneer de mest direct of kort na de toediening in- of ondergewerkt wordt (Huijsmans en Klarenbeek, 1988). Door in- of onder te werken wordt het contact met de lucht verkleind en wordt de mest sneller opgenomen door de grond. De methode van grondbewerking en het tijdstip waarop deze plaatsvindt na de mesttoediening bepaalt mede de mate van de emissiereductie (Huijsmans en Bruins, 1989). In tabel 2 is voor verschillende methoden en tijdstippen van onderwerken na de bovengrondse toediening de emissie weergegeven. De gegevens hebben betrekking op een gift van 60 m^3 varkensmest per ha op onbewerkt stoppelland (kleigrond). Het onderzoek voor de verschillende onderwerktijdstippen is in verschillende weken met wisselende weersomstandigheden verricht, zodat het effect van de onderwerktijdstippen niet zonder meer vergeleken mag worden. Dit blijkt ook wel uit de emissies van de niet bewerkte velden, die als gevolg van wisselende weersomstandigheden variëren van 23% tot 58%. De lage emissie van de niet bewerkte velden bij het na 3 uur (week 36) en het na 6 uur (week 37) onderwerken (23% resp. 29%) is mede een gevolg van de regenachtige weersomstandigheden gedurende deze weken. Voor het direct onder-

Tabel 2. De ammoniakemissie uit varkensmest bij verschillende methoden van in- of onderwerken op verschillende tijdstippen na de bovengrondse toediening op stoppelland (kleigrond) (Bruins en Huijsmans, 1989).

Tijd-stip	onder-werken	Verlies NH_3-N (kg per ha)	Verlies % NH_4-N gift	Reductie-percentage
direct week 35	ploeg	20.6	5.9	90
	rotorkopeg	45.7	12.9	78
	cultivator	124.3	35.0	40
	niet bewerkt	206.7	58.2	--
na 3 uur week 36	ploeg	27.2	7.4	68
	rotorkopeg	38.4	10.3	55
	cultivator	56.9	15.4	33
	niet bewerkt	84.7	23.0	--
na 3 uur week 38	ploeg	29.0	10.5	78
	rotorkopeg	57.5	20.2	58
	cultivator	93.1	30.4	37
	niet bewerkt	139.2	48.5	--
na 6 uur week 37	ploeg	46.9	13.5	54
	rotorkopeg	58.5	16.7	43
	cultivator	67.7	19.3	34
	niet bewerkt	101.9	29.1	--

*) Het onderzoek bij het na 3 uur (week 36) en na 6 uur (week 37) onderwerken is uitgevoerd onder regenachtige weersomstandigheden in deze weken.

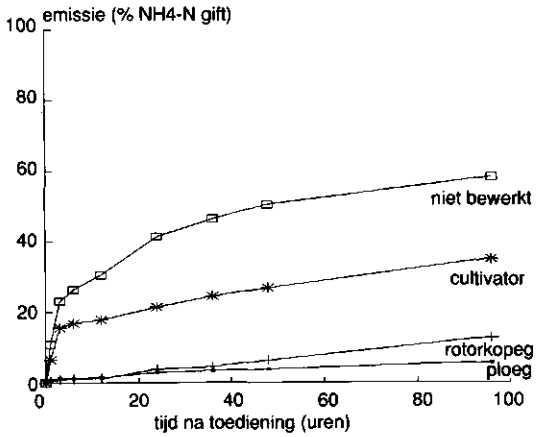


Fig. 3. Ammoniakemissie bij het direct onderwerken van de mest met verschillende bewerkingen op stoppelland (kleigrond); emissie als percentage van de NH_4-N gift (Bruins en Huijsmans, 1989).

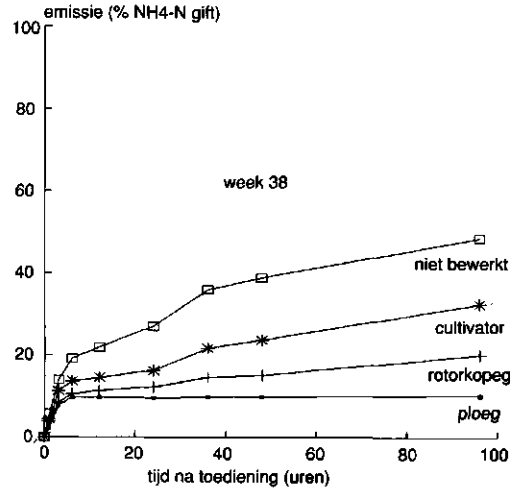


Fig. 4. Ammoniakemissie bij het na 3 uur onderwerken van de mest met verschillende bewerkingen op stoppelland (kleigrond) onder regenachtige (week 36) en droge omstandigheden (week 38); emissie als percentage van de NH_4-N gift (Bruins en Huijsmans, 1989).

werken is in figuur 3 het emissieverloop in de tijd weergegeven, waarbij duidelijk de hoge emissie direct na de toediening herkenbaar is op het niet bewerkte veld. In figuur 4 is te zien dat het effect van het na 3 uur onderwerken in week 36 door de regen sterk gereduceerd wordt. Als gevolg van de regen is de hoeveelheid emissie laag en het onderscheid tussen de bewerkingen minder groot dan in week 38. Het snelle verloop van

Stoppelploeg voor het onderwerken van mest.

de emissie de eerste uren na toediening en de afnemende emissiereductie bij het uitstellen van een bewerking (tabel 1) geven aan dat het in- of onderwerken het meest effectief is wanneer het direct plaatsvindt na de toediening.
Op het niet voorbewerkte stoppelland (klei) is de emissiereduktie bij de bewerking met de vaste tand cultivator in dit onderzoek het geringst. Het onderploegen van de mest met een stoppelploeg geeft de hoogste emissiereductie. Andere experimenten, waarbij onder tunnels is gemeten, geven aan dat bij onderwerken met een ploeg en injecteur of bij een bewerking met een intensieve menging in de toplaag een aanzienlijke emissiereduktie gehaald wordt (Bruins en Huijsmans, 1989 en Van Dongen e.a., 1990). Een bewerking op zandgrond resulteert al snel in een goede menging en daarmee een reductie van de emissie.

4.2 N-benutting na in- of onderwerken van de mest

Na de toediening en het in- of onderwerken van de mest is het voor een goede opname door het gewas van belang waar de mest zich bevindt en of de meststoffen op tijd bereikt kunnen worden. De plaatsing van de meststoffen door de bewerking heeft zowel betrekking op het verticale als horizontale vlak. Zowel een ondiepe als een diepe plaatsing kan (afhankelijk van bodem, klimaat en gewas) tot verliezen respectievelijk een slechte benutting leiden. Het gaat erom dat de plant optimaal gebruik kan maken van de aangereikte voedingselementen. Dit betekent niet alleen dat de mest soms bij de plant moet worden gebracht, maar ook dat de plant in contact met de mest moet kunnen komen. Het laatste kan door een goede afstemming van de plantverdeling of een verbetering van de beworteling van de gewassen en bodemstructuur. De doorworteling van de bodem in de loop van het groeiseizoen is mede bepalend voor de benutbaarheid van de voedingsstoffen. De verdeling van de meststoffen dient daarom zodanig plaats te vinden dat het aanbod aansluit bij de gewasbehoefte. Bij jonge traag ontwikkelende gewassen kan dit pleiten voor een ondiepe plaatsing. Te diep onderwerken van de mest kan de emissie sterk reduceren, maar heeft tot gevolg dat de meststoffen niet of in een te laat stadium bereikt worden met eventueel uitspoeling tot gevolg.

4.3 Emissiereduktie en plaatsing van de mest

De emissiereduktie en plaatsing van de mest bepalen beide de mogelijke benutting van de voedingsstoffen. De methode van toediening en in- of onderwerken bepalen de beste combinatie van deze factoren. De (ver)plaatsing van de mest kan aanzienlijk verschillen bij verschillende in- of onderwerktechnieken. (Van Dongen e.a., 1990). In figuur 5 staat voor zandgrond de hoeveelheid N-min in de bodem aangegeven in drie lagen bemonsterd op drie tijdstippen: voor de bemesting, enkele dagen na het inwerken en na de oogst. Bemonsterd is op een

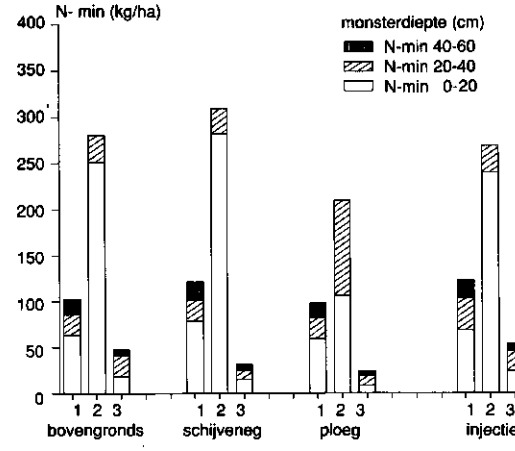


Fig. 5. Plaats van de mest in de bodem na onderwerken op zandgrond; (1) voor de bemesting, (2) na in- of onderwerken en (3) na de oogst (bemonstering (2) is op diepte 40-60 cm niet uitgevoerd). (Van Dongen e.a., 1990)

Tabel 3. Droge-stofopbrengst en N-min opname van spinazie bij diverse inwerktechnieken bij het toedienen van 27 m^3 rundermest per ha op zandgrond (Van Dongen e.a., 1990).

inwerkmethode	ds-opbrengst (kg per ha)	N-totaal opname (kg per ha)
bovengronds	1708	73.7
schijveneg	2226	96.6
ploeg	2205	91.7
injectie	2630	113.4

diepte van 0-20 cm, 20-40 cm en 40-60 cm. Uit de figuur blijkt dat de plaatsing van de mest bij niet inwerken en inwerken met een schijveneg op de zandgrond weinig verschilt. Onderploegen van de mest tot een diepte van 25-30 cm geeft een heel andere verdeling van de mest te zien; veel meer N-min bevindt zich in de laag 20-40 cm. Bij injectie bevindt zich nog veel N-min in de bovenste laag. De injectiediepte bedroeg 15 tot 20 cm en bemonstering is zowel op als tussen de injectiesleuven uitgevoerd.

De hoeveelheid ammoniakemissie bij de verschillende in- of onderwerktechnieken toonde weinig verschil in deze proeven op zandgrond. Alle methoden gaven een emissiereductie van meer dan 90 % ten opzichte van niet inwerken van de mest. De plaatsing van de mest en de ammoniakemissie bij de verschillende technieken bepalen samen de mogelijke opname van N-min door het gewas. De verschillen in drogestofopbrengst en N-min opname van een toetsgewas spinazie staan weergegeven in tabel 3. Injectie geeft de hoogste ds-opbrengst en N-totaal opname te zien. De met de schijveneg en ploeg ondergewerkte mest wordt minder goed opgenomen door de spinazie; de ds-opbrengsten zijn lager en de N-totaal opnamen blijven ook achter ten opzichte van injectie. Bij niet inwerken van de mest is de ds-opbrengst en N-totaal opname het geringst. Uit deze gegevens kan worden opgemaakt dat de plaatsing van de meststoffen na onderwerken bij een gelijkblijvende emissiereductie van invloed kan zijn op de opname door het gewas.

4.4 Mogelijkheden en perspectieven

Bij het snel in- of onderwerken van de mest is het naast emissiereduktie en een goede mestbenutting noodzakelijk dat de bewerking goed uitgevoerd kan worden. De bewerking uitvoeren in een tweede werkgang direct na de bovengrondse toediening betekent bij hoge mestgiften dat gereden moet worden over land waar kort te voren een vergelijkbare hoeveelheid water op is toegediend van 3 tot 5 mm. Toedienen en onderwerken in een werkgang heeft echter de consequentie dat door de geringere werkbreedte meer sporen op het veld gereden worden. Afhankelijk van de gewenste bewerking, bodemcondities en beschikbare tijd moet gekozen worden voor het in een of twee direct elkaar opvolgende werkgangen in- of onderwerken van de mest. Bij de keuze moet echter voorop staan een goede benutting van de mest door het gewas en geen structuurbederf. De inwerkmethode moet gericht zijn op een niet te diepe plaatsing van de mest, zodat de voedingsstoffen bereikbaar zijn voor de plantenwortels op het tijdstip wanneer hier behoefte aan is. In het onderzoek en het bedrijfsleven zijn hiertoe methoden ontwikkeld om de mest ondiep in de toplaag te injecteren. Een goede emissiereductie komt ten goede aan de gewasopname en het milieu.

5. Conclusies

Toedieningstechniek en een optimale mestbenutting

Voor een goede mestbenutting staat een goede dosering en verdeling, het juiste tijdstip van toediening en plaatsing van de nutriënten met een minimale emissie voorop. Deze factoren bepalen waaraan de toedieningstechniek moet voldoen onder de randvoorwaarden dat door de mechanisatie geen schade aan onder andere de structuur van de bodem veroorzaakt wordt.

Voor een goede dosering en verdeling is het noodzaak dat wordt uitgegaan van homogene goed gemengde mest van constante samenstelling en kwaliteit. Door automatisering kan de dosering van de mestgift goed gecontroleerd of geregeld worden. Goede verdeelsystemen zijn haalbaar, echter als probleem wordt vaak aangedragen de storingsgevoeligheid door verontreinigingen in de mest en de kosten van deze systemen.

Het tijdstip van toedienen moet afgestemd zijn op de behoefte van het gewas. Dit betekent dat mest soms op tijdstippen toegediend moet worden die door bodemcondities of bedrijfsinpassing moeilijker te realiseren zijn. Het is daarom van belang de toedieningstechniek zodanig uit te voeren dat een continue inzetbaarheid mogelijk is zonder schade te veroorzaken voor een goede gewasontwikkeling. Toediening in het voorjaar verdient de voorkeur, waarbij op de zwaardere gronden rekening gehouden moet worden met verlaging van de bodemdruk, de werkbreedte, het gewicht van de apparatuur en de in- of onderwerkmethode van de mest.

Door het in- of onderwerken van de mest is een hoge emissiereductie van ammoniak te bereiken. De bewerking dient hierbij gelijktijdig of direct na de mesttoediening plaats te vinden en zodanig dat de plaatsing van de meststoffen afgestemd is op de bereikbaarheid en behoefte van het gewas. Toediening in het gewas kan ook tot de mogelijkheden behoren.

Samengevat kan gezegd worden dat een goede doseer- en verdeelnauwkeurigheid mogelijk is. De beperking van ammoniakemissie kan bereikt worden door de mest direct na of gelijktijdig met de toediening onder te werken. Naar de toediening van mest in het voorjaar wordt nog verder onderzoek verricht.
Bij een zorgvuldige toediening van de mest is zowel de landbouw gediend door een optimale mestbenutting als het milieu door beperking van emissies naar bodem en lucht.

Literatuur

1. Anonymus, 1989. Sammelband mit DLG-Prufberichten uber: Flussigmist-Tankwagen, -Verteiler und -Behalter, und Absperrschieber. DLG, Frankfurt am Main.

2. Baumann, D.T. en L.M. Lumkes, 1988. De verdeling van mengmest in de praktijk. Landbouwmechanisatie 4/88, p. 53-56.

3. Bosch, L.M. van den, P. Hofland en R.M. Huijser, 1988. Financieel voordeel van optimale dosering en verdeling van kunstmest. Conceptverslag AHD-PAGV projectgroep, pp 47.

4. Bruins, M.A. en A. Cappon, 1988. Ammoniakemissie tijdens het uitrijden van mest. IMAG nota 341 (HAB), Wageningen.

5. Bruins, M.A. en J.F.M. Huijsmans, 1989. De reductie van ammoniakemissie uit varkensmest na toediening op bouwland. IMAG, Wageningen rapport nr 225.

6. Dilz, K. en G.D. van Brakel, 1986. Ongelijkmatig strooien van meststof kost geld. Meststoffen 1-86, p.6-11.

7. Dongen, G.J.M. van, J.F.M. Huijsmans, M.A. Bruins en J.C. Hollander, 1990. Inwerktechnieken en ammoniakemissie van dierlijke mest op bouwland. Conceptverslag, dec. 1989, Lelystad.

8. Hoeksma, P., 1988. De samenstelling van drijfmest die naar akkerbouwbedrijven wordt afgezet. IMAG rapport, Wageningen.

9. Huijsmans, J. en J.W. Hofstee, 1989. Verdeling van dierlijke mest. Interne notitie IMAG en LUW (vakgr. Agrotechniek en -fysica), Wageningen.
10. Huijsmans, J. en J. Klaarenbeek, 1988. Snel mest onderwerken op bouwland nuttig. Landbouwmechanisatie 8/88, p. 28-29.

11. Huijsmans, J. en L. Snel, 1987. Het verregenen van mengmest. Landbouwmechanisatie 12/87, p. 14-17.

12. Lammers, H.W., 1984. Een berekende stikstofwerkingscoëfficiënt voor diverse dierlijke organische meststoffen. De Buffer 30 (1984) nr. 5 p.169-198.

13. Molen, J.v.d. et al., 1990. Ammonia volatilisation from arable land after application of cattle slurry; 1. Field estimates. Neth. Journal of Agr. Sc., Vol. 38-3.

14. Pain, B.F. en J.V. Klarenbeek, 1988. Anglo-Dutch experiments on odour and ammonia emissions from landspreading of piggery wastes on arable land. IMAG research report 88-2, Wageningen.

15. Ratschow, J.P. en H.W. Mattig, 1989. Wie exakt Prallkopf und Swenkduse die Gulle verteilen. Top Agrar 2/1989, p. 110-114.

Bemestende waarde van dierlijke mest

H.H.H. Titulaer en A. Landman, PAGV

1. Inleiding

Onderzoek naar de bemestende waarde van dierlijke mest is al zeer oud. Honderdvijftig jaar geleden vergeleken J.B. Lawes en J.H. Gilbert in hun inmiddels beroemd geworden 'Broadbalk wheat experiment' al objecten met en zonder stalmest. In navolging van dit onderzoek kwam ook het onderzoek in de rest van Europa op gang.
In Nederland werd in 1899 gestart met een proef op zandgrasland op Ameland (De la Lande Cremer, 1986). Later volgden proeven op bouwland (Ferwerda, 1951; De Haan, 180). Al deze proeven werden uitgevoerd met steekvaste stalmest. Meermalig toedienen van stalmest had een positief effect op de opbrengst; de opbrengsten die behaald werden met stalmest in combinatie met kunstmest waren meestal hoger dan de opbrengsten behaald met kunstmest alleen.

Door de intensivering van de dierlijke produktie eind zestiger begin zeventiger jaren ontstonden er nieuwe systemen voor de inrichting van de stallen. Een van de gevolgen was de overgang van gescheiden mestopvang- en bewaarmethoden naar systemen waarbij de mest niet meer gescheiden werd. Steeds grotere hoeveelheden dunne mest werden geproduceerd.
Na de introductie van dunne mest is op verschillende regionale onderzoekcentra gestart met het onderzoek naar de gebruikswaarde van dunne mest voor de akkerbouw en de weidebouw.
Hier wordt alleen het onderzoek besproken dat betrekking heeft op gewassen geteeld op bouwland. Het onderzoek dat uitgevoerd is bij snijmaïs wordt elders in dit Themaboek besproken (Schröder, 1990).

Eerst wordt een overzicht gegeven van de resultaten van het onderzoek met stalmest en dunne mest zoals dat tot nu toe is uitgevoerd. Daarna worden de resultaten besproken zoals die uit het huidige lopende onderzoek naar voren zijn gekomen.

2. Proeven met stalmest

In het verleden is veel onderzoek verricht naar de bemestende waarde van stalmest op bouwland (Ferwerda, 1951, Ter Horst en Te Velde, 1969). Daaruit bleek dat de stikstofwerkingscoëfficiënt van stalmest gemiddeld 38% was ten opzichte van KAS. Dit komt overeen met een stikstofwerking van 1,8 kg N per ton stalmest.
Verder bleek dat stalmest in combinatie met kunstmeststikstof een opbrengstverhoging gaf die met kunstmeststikstof alleen niet gehaald werd. Dit effect werd waarschijnlijk grotendeels veroorzaakt door het feit dat de extra toevoer van nutriënten P en K met stalmest niet gecompenseerd werd op de objecten zonder stalmest (Lammers, 1976). In latere proeven, waar op kunstmestobjecten wel de nutriënten (P en K) gecompenseerd werden, zijn de effecten geringer, hetgeen bleek uit onderzoek in de NOP en op de Van Bemmelenhoeve.

3. Proeven met dunne mest

Met de introductie van dunne mest kwam er een sterk van stalmest afwijkend produkt beschikbaar (Hotsma, 1990). De akkerbouw had in eerste instantie vooral belangstelling voor de opbrengsteffecten. Daarom werden diverse proeven aangelegd, meestal met hoge giften, om de optimale gift vast te stellen. Dit gebeurde eerst overwegend op zandgronden, maar later ook op andere grondsoorten. Het bleek dat de meeste ge-

wassen, gemeten aan de fysieke opbrengst, een grote tolerantie hadden voor hoge giften. Vaak ging de kwaliteit van het geoogste produkt daarbij echter sterk achteruit. Zowel de opbrengst als de kwaliteitseffecten waren grotendeels terug te voeren tot stikstofeffecten. Hieronder worden de resultaten van enige veldproeven besproken waarin de invloed van dunne mest op de opbrengst en kwaliteit van aardappelen, suikerbieten en enkele groentegewassen onderzocht is.
Onderzoek naar de invloed van dunne mest bij granen heeft in Nederland nog niet plaatsgehad.

3.1 Effecten op de opbrengst

Proeven met dunne mestgiften bij diverse akkerbouwgewassen zijn beschreven door Van der Veen (1984), Peusens (1980, 1971-1980), De la Lande Cremer (1985, 1986), Wadman (1987), Van Burg (1983), Van der Veen (1980), Wadman (1982), Knab (1981) en Titulaer (1981).
Uit de resultaten van deze onderzoekers kwam naar voren dat de hoogste optimale dunne mestgiften bereikt werden op zandgronden.

Aardappelen
Van der Veen (1984) beschrijft de opbrengsten en kwaliteitsaspecten van een meerjarige proef op zandgrond met aardappelen in een driejarige rotatie, waarbij jaarlijks dunne mest werd toegediend. De gemiddelde resultaten van acht proefjaren staan vermeld in figuur 1 (tabel 1). Gemiddeld werden de beste resultaten verkregen met 160 ton dunne varkensmest in het najaar + 100 kg kunstmest-N in het voorjaar. Daarmee werd op dit object een 23% hogere knolopbrengst verkregen dan met de hoogste (suboptimale) kunstmestbemesting. Berekend op basis van het uitbetalingsgewicht bedroeg het verschil 12%. Bij eenjarige proeven op zuidelijke zandgronden (1973-1977) werd gemiddeld de hoogste opbrengst bereikt bij een gift van 100 ton dunne varkensmest (± 250 kg Nt). De meeropbrengst ten opzichte van het (suboptimale) kunstmestobject (140 kg N) was 9% (Peusens, 1971-1980).

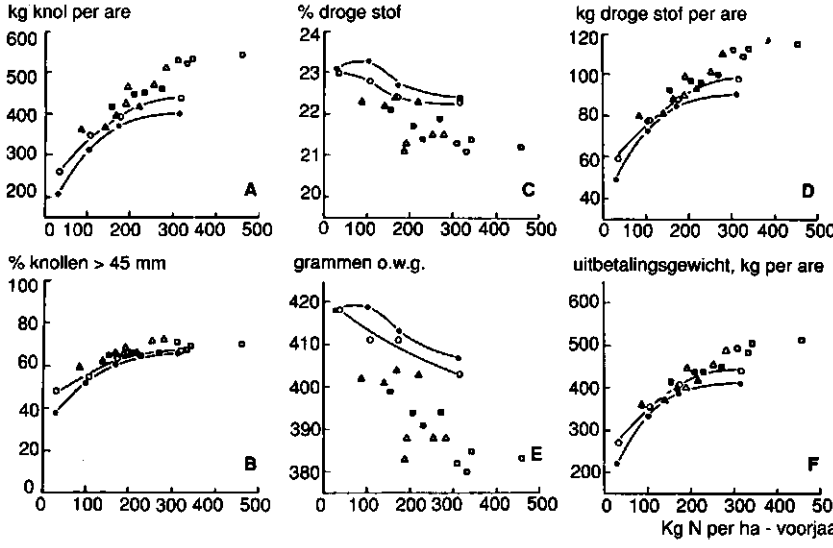


Fig. 1. Gemiddelde resultaten van acht proefjaren van opbrengsten (kg/are), % drogestof, drogestofopbrengst (kg/are), % knollen >45 mm onderwatergewicht (grammen) en uitbetalingsgewicht (kg/are) van aardappelknollen bij verschillende bemestingen (legenda tabel 1) (Van der Veen, 1984c).

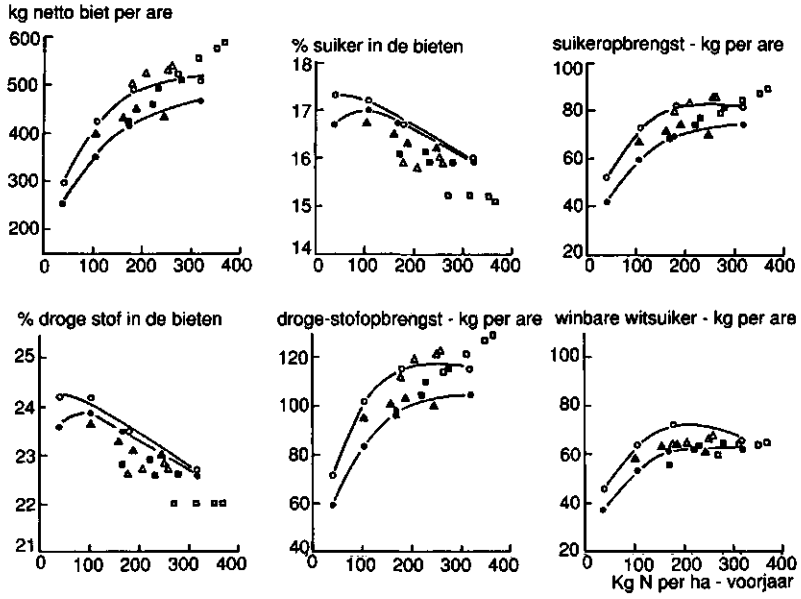


Fig. 2. Gemiddelde resultaten van acht proefjaren van opbrengsten (kg/are), % suiker, bruto suikeropbrengsten (kg/are) en winbare suiker (kg/are) van suikerbieten bij verschillende bemestingen (legenda tabel 1) (Van der Veen, 1980d).

In de bovengenoemde proeven werden de kunstmestobjecten met P en K bemest volgens de adviesbasis. Er werd niet gecompenseerd voor P en K bij hogere dunne mestgiften.
Op klei-, zavel- en lössgronden zijn soortgelijke proeven uitgevoerd met dunne mest van runderen en kippen. De dunne mest werd meestal toegediend in het najaar. Gebruik van dunne mest had meestal een positief effect ten opzichte van het kunstmestobject ofschoon voor P en K gecompenseerd was. Bij hogere dunne mestgiften werd de maximale opbrengst meestal bereikt bij een lagere bemesting met kunstmeststikstof.

Suikerbieten
In drie meerjarige proefvelden van het IB (1972-1983) werden bemestingen met kunstmest en toenemende hoeveelheden dunne mest bij opklimmende kunstmeststikstoftrappen vergeleken in suikerbieten. Door een toenemend N-aanbod werd in alle proeven het suikergehalte van de bieten duidelijk verlaagd. In geen der proeven werd de maximale bietenopbrengst bereikt (figuur 3). De maximale bruto suikeropbrengst werd

Tabel 1. Bemestingen proef met varkensdrijfmest op het IB te Haren 1971 t/m 1982 (IB 1866).

object	legenda*
a. 140 kg P_2O_5 + 140 kg K_2O per ha als kunstmest	●
b. 280 kg P_2O_5 + 280 kg K_2O per ha als kunstmest	○
c. 40 ton dunne mest van varkens per ha in het voorjaar	▲
d. 80 ton dunne mest van varkens per ha in het voorjaar	△
e. 80 ton dunne mest van varkens per ha in het najaar	■
f. 160 ton dunne mest van varkens per ha in het najaar	❑

* van toepassing in figuur: 1 en 2

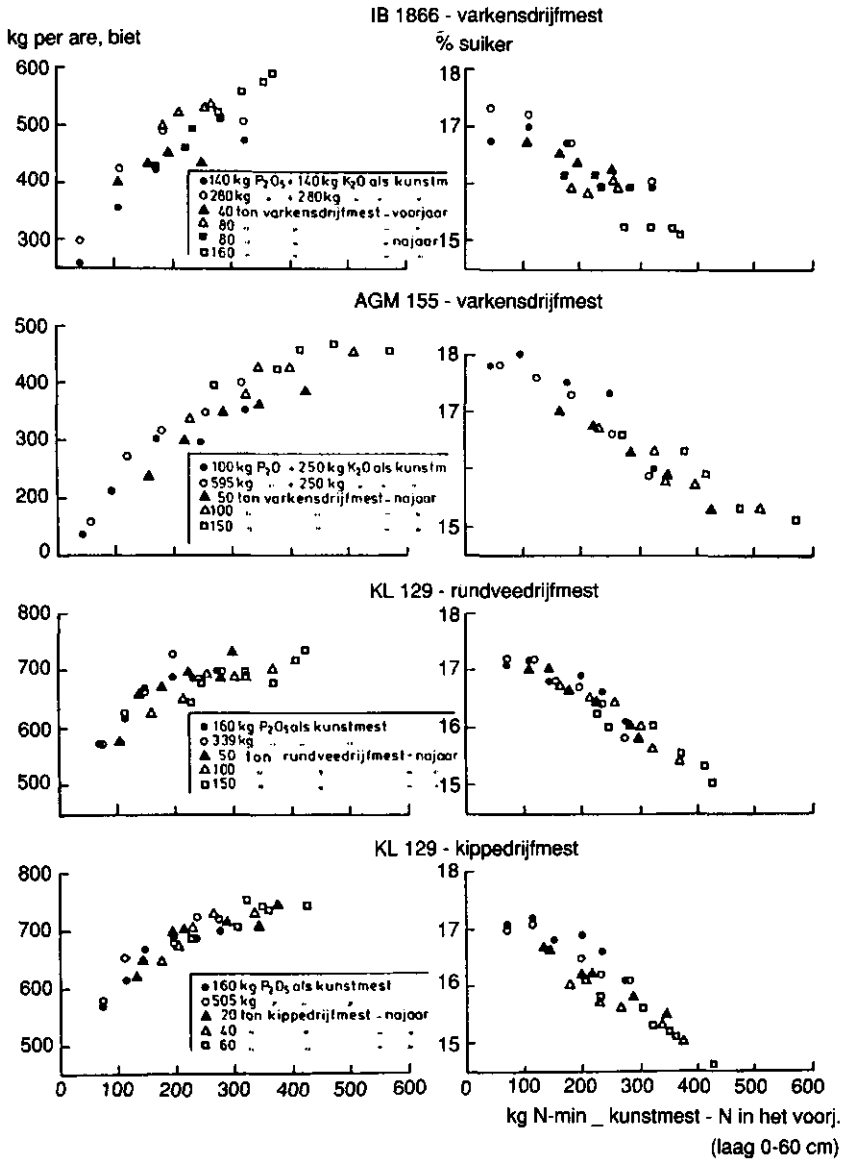


Fig. 3. De invloed van kunstmest en dunne mest op de netto bietopbrengsten en suikergehalten van de bieten. Meerjaarlijkse gemiddelden van drie proeven (IB 1866, AGM 155, KL 129).

bereikt op veenkoloniale grond (AGM 155) en kalirijke zeeklei (KL 129), op zandgrond was dit niet het geval (IB 1866) (Van der Veen, 1984). Op proefvelden op de zuidelijke zandgronden (VP) werd de maximale bietenopbrengst en de maximale suikeropbrengst nog niet bereikt bij een dunne varkensmestgift van 120 ton per ha. Op lössgronden werd de maximale bietenopbrengst gemiddeld verkregen bij een dunne rundermestgift van 60 ton per ha; bij deze gift werd ook de gemiddelde maximale sui-

keropbrengst verkregen (Peusens 1980).

Groentegewassen
Naar gelang de aard van het gewas reageren groentegewassen verschillend op toenemende dunne mestgiften. Bladgewassen (spinazie, sla, andijvie) geven bij dunne varkensmestgiften tot 90 ton per ha nog een positieve opbrengstreactie, zelfs bij een aanvullende kunstmeststikstofgift (Knab, 1981, Titulaer, 1981, Wadman, 1982). Knolselderij reageert op gelijke wijze waarbij naast de knolopbrengst vooral de loofopbrengst sterk toeneemt (Van der Veen, 1980). Waspeen reageert nauwelijks; met een stikstofaanbod (voorraad + bemesting) van ± 120 kg N per ha wordt de maximale opbrengst reeds bereikt (Van Tilburg 1979). Bij meerdere teelten per jaar, hetgeen bij bladgewassen vaak voorkomt, is er vanaf de tweede teelt geen waarneembaar effect van dunne mestgiften op de opbrengst meer aanwezig. De nalevering van stikstof uit de grond is zo hoog dat een N-bemesting geen effect heeft op de opbrengst (Hotsma, 1990).

3.2 Effecten op de kwaliteit

Bij de beoordeling van de kwaliteit van gewassen die met opklimmende hoeveelheden dunne mest bemest zijn, blijkt de optimale gift in de meeste gevallen aanmerkelijk lager te liggen dan ten aanzien van de opbrengsteffecten het geval is. De kwaliteitsdaling wordt meestal veroorzaakt door een te hoog aanbod van stikstof waardoor er luxe consumptie optreedt.
Voor sommige gewassen heeft dit een verlating van de afrijping tot gevolg waardoor op het moment van de oogst als het ware nog halffabrikaten in het eindprodukt aanwezig zijn. Deze halffabrikaten (α-amino N in suikerbieten, reducerende suikers in aardappelknollen) verlagen de geschiktheid en/of het rendement van de produkten bij industriële verwerking en hebben daardoor invloed op de uitbetalingsprijs (Van Burg, 1983, Van der Veen, 1984, Peusens, 1980).

Aardappelen
Bij de beoordeling van de kwaliteit van aardappelen werd in deze vroegere proeven meestal volstaan met het bepalen van de sortering, het percentage uitval en het onderwatergewicht. Soms werden de blauwindex en de bakkwaliteit bepaald. Dit zijn voornamelijk fysische bepalingsmethoden met een visuele beoordeling. Chemische analysen op nitraatgehalte, oplosbare en reducerende suikers werden weinig toegepast.
Uit alle proeven op alle grondsoorten komt naar voren dat bij een toenemend stikstofaanbod de sortering soms grover wordt, het percentage uitval, voornamelijk groeischeuren op kleigronden, groter wordt en het onderwatergewicht afneemt.
De blauwindex neemt meestal af, waarschijnlijk mede veroorzaakt door een hoger kaliumaanbod bij hogere dunne mestgiften.

De bakkwaliteit en chemische analyse is alleen bepaald in het onderzoek verslagen door Van der Veen. Daaruit blijkt dat de chipskleur niet of nauwelijks beïnvloed werd door het nutriëntenaanbod.
Het nitraatgehalte in de knollen was sterk afhankelijk van het stikstofaanbod maar bleef in deze proeven beperkt tot maximaal 200 mg NO_3 per kg verse knollen.
Uit proeven waarin bewaarverliezen van aardappelen afkomstig van proeven op klei-, zavel- en zandgrond werden onderzocht, bleek dat de verschillende bemestingen hierop geen invloed hadden. De bewaar- en opslagmethoden hadden wel invloed. Toediening in het voorjaar van dunne mest van vooral runderen kan verlaging van het owg geven als gevolg van chloorschade.
Met name over de invloed van het stikstofaanbod op de bakkwaliteit en op kwaliteitsveranderingen tijdens bewaring is nader onderzoek gewenst.

Suikerbieten
Voor de teler is het suikergehalte van de suikerbieten vooralsnog het belangrijkste kwaliteitskenmerk. Bij de winning van witsuiker uit suikerbieten in de fabriek spelen echter ook nog andere componenten een rol, zoals het

Na- en K-gehalte en het gehalte aan α-amino-N. Deze laatste componenten zijn van belang voor de mate waarin witsuiker uit de polariseerbare suikers gewonnen kan worden.
Zoals uit de resultaten (figuur 3) blijkt, neemt het suikergehalte vrijwel lineair af bij een toename van het N-aanbod. De daling is vrij sterk en vrijwel onafhankelijk van de grondsoort. Alleen op lössgrond is de daling van het suikergehalte minder sterk. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat het suikergehalte bij suikerbieten hier van nature reeds lager is dan op andere grondsoorten in Nederland (Stumpel, 1967).
De resultaten in figuur 2 zijn gemiddelden van een aantal proefjaren. Voor de proef KL 129 hebben Van Burg e.a. (1983) de jaren 1975 en 1979 apart bekeken. Daarbij bleek dat eens in de twee jaar een dunne mestgift de negatieve gevolgen voor de kwaliteit van suikerbieten deed toenemen. In 1975 reageerden de suikerbieten nog positief op de dunne mestgiften ten opzichte van het kunstmestobject waarbij de kwaliteit uitgedrukt op basis van het Na, K en α-amino-N-gehalte nauwelijks slechter was. Na vier jaar dunne mestgiften werd niet alleen de opbrengst sterk verlaagd, maar namen ook de gehalten aan Na, K en α-amino N sterk toe ten opzichte van het kunstmestobject. Op een dergelijke grond lijkt een gift van 50 ton per ha dunne rundermest nog te veel om suikerbieten te telen met een acceptabele kwaliteit. Hetzelfde geldt voor dunne kippemest, 20 ton per ha is dan meer dan genoeg.

Groentegewassen

Naast de uitwendige kwaliteit van groentegewassen worden bij de kwaliteitsbeoordeling de inhoudstoffen en de houdbaarheid bij bewaring steeds belangrijker. Uit het onderzoek komt naar voren dat bij een hoog stikstofaanbod de nitraatgehalten in bladgewassen sterk kunnen toenemen (figuur 4). De nitraataccumulatie wordt niet afgeremd bij de maximale gewasproduktie en kan oplopen tot 5000 mg per kg verse spinazie.
Bij knolselderij wordt de stikstof gelijkelijk

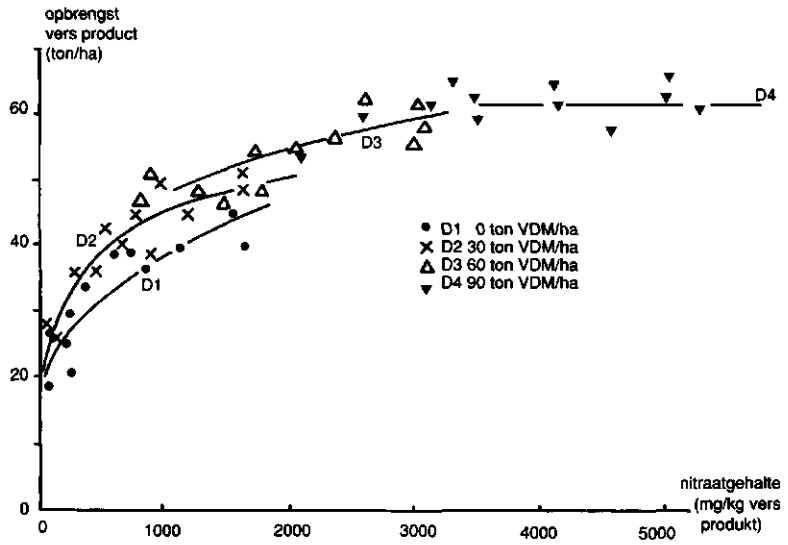


Fig. 4. De invloed van dunne mestgiften (varkens) in het voorjaar in combinatie met een aanvullende kunstmeststikstofgift op de opbrengst (ton/ha vers) en het nitraatgehalte (mg/kg vers) van spinazie. Oogst 810611, ROC Vredepeel 1981 (Westmaas, 1986).

door het loof en de knol opgenomen en meer naarmate meer dunne mest is gegeven (180 kg N). Het nitraatgehalte in de knol wordt daarbij niet hoger dan 10 mg per kg verse knol. Toch blijkt dat iedere vorm van bemesting (N, P, K, dunne mest) de houdbaarheid van de knollen vermindert (Van der Veen, 1980).
Naast een gering effect van opklimmende dunne mestgiften op de opbrengst treedt bij waspeen geen nitraataccumulatie op. De maximale stikstofopname is ± 120 kg N per ha en het maximale nitraatgehalte ± 1000 mg/kg verse peen (Van Tilburg, 1979, Titulaer, 1981). Een overmatig gebruik van dunne mest had geen schadelijke gevolgen op de kwaliteit.

Uit het bovenstaande blijkt dat het gebruik van dunne mest als meststof ten aanzien van de opbrengst nauwelijks beperkt hoeft te worden. Ten aanzien van de kwaliteitsaspecten moeten er wel degelijk beperkingen aan het gebruik ervan gesteld worden.
Daarom is het noodzakelijk om vooraf een goed inzicht te hebben in de hoedanigheid van de dunne mest die wordt aangewend.

4. Werking nutriënten in mest

Hotsma (1990) vermeldt enkele eigenschappen van dunne mest die nuttig zijn voor een betere beoordeling van de werking van dunne mest als meststof. Hieruit blijkt dat de werking van de nutriënten uit dunne mest, met uitzondering van stikstof, vrijwel gelijk is aan de werking van de vergelijkbare nutriënten uit kunstmest.
Evenals het geval is met kunstmest, kan het gebruik van dunne mest of een combinatie van beide de opbrengst en kwaliteit van gewassen verhogen, op peil houden of verminderen. Het is dus belangrijk om zo nauwkeurig mogelijk de nutriëntensamenstelling van de dunne mest te kennen. Alleen dan is het mogelijk om op een verantwoorde wijze te bemesten en het maximale profijt te behalen. Vooral een zo nauwkeurig mogelijke inschatting van de stikstofwerking uit mest is belangrijk. Daarbij moet onderscheid gemaakt worden tussen incidenteel gebruik van dunne mest (eenmaal per vier jaar) en frequent gebruik van dunne mest (meerdere keren per vier jaar).
In het eerste geval kan bemest worden door het zo goed mogelijk inschatten van de te verwachten N-werking, analyse op de nutriënten P en K (Mg) en de berekende tekorten aan te vullen met kunstmest. In de tussenliggende jaren wordt alleen met kunstmest bemest op basis van grondonderzoek en/of nutriëntenbalans. Bij frequent gebruik van dunne mest treden cumulatieve effecten op. Voor de meeste nutriënten met uitzondering van stikstof kan hiervan gemakkelijk een balansberekening gemaakt worden mits de analyse en hoeveelheden uitgebrachte dunne mest bekend zijn.
Bij stikstof is het moeilijker een juiste inschatting van de werking te geven. Dat komt doordat een deel van de stikstof gebonden zit in de organische stof. Deze stikstof komt pas vrij, als de organische stof afgebroken wordt. Van de organisch gebonden stikstof komt de helft à twee-derde deel het eerste jaar na toediening al vrij (Ne). De rest (Nr) komt in latere jaren langzaam beschikbaar. De stikstof die niet organisch gebonden is, noemen we minerale stikstof (Nm). Deze omvat voornamelijk stikstof in de vorm van ammoniak. We onderscheiden dus Nm-Ne-Nr.
Tabel 2 geeft voor een aantal mestsoorten een verdeling van de aanwezige stikstof over de drie onderscheiden fracties.

In theorie kan het gewas het eerste jaar na toediening dus beschikken over de fracties Nm en Ne. In de praktijk kunnen echter verliezen optreden door vervluchtiging van Nm (Huijsmans en Van Dongen 1990) en door uit- en afspoeling en/of denitrificatie van Nm en Ne (Van Enckevort e.a. 1990). Afhankelijk van o.a. de gebruikte mestsoort, de weersomstandigheden, de grondsoort en de manier van uitrijden kan het stikstofaanbod uit mest sterk verschillen. Een juiste voorspelling van de stikstofwerking is dan zeer moeilijk. Een deel van de vragen uit de prak-

Tabel 2. Procentuele verdeling van de in de mest aanwezige stikstof over de drie te onderscheiden fracties, en de hoeveelheden organische stof en effectieve organische stof die per 1000 kg mest worden aangevoerd.

mestsoort		stikstoffractie			org. stof	effectieve org. stof
		Nm	Ne	Nr	kg per 1000 kg mest	
dunne mest:	rundvee	50	25	25	60	30
	varkens	50	33	17	50	17
	kippen	50	33	17	90	30
	vleeskalveren	80	9	11	-	-
vaste mest:	rundvee	20	40	40	140	70
	kippen	45	37	18	370	125
	slachtkuikens	45	35	20	430	155
champignon mest		-	-	-	200	100

tijk van de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt heeft dan ook betrekking op het beter voorspelbaar maken van de stikstofwerking uit mest.
Om hierin meer inzicht te krijgen worden op diverse onderzoeksinstituten model-analysen uitgevoerd om de eigenschappen van mest en de processen die een rol spelen bij de mineralisatie van stikstof uit de mest beter te leren begrijpen. Een van de aandachtspunten is het onderzoek naar de mogelijkheid om door middel van grondonderzoek de stikstof-mineralisatie te voorspellen van percelen waarop in het verleden frequent mest is toegediend, hetgeen vanwege het grote aantal percelen waarbij dit het geval is een hoge prioriteit heeft (IB Wijnen, Neeteson, Wadman). Het gebruik van een stikstofvenster (bij o.a. granen) of het analyseren van het nitraatgehalte van bladsteeltjes van aardappelen tijdens het groeiseizoen (Van Loon en Houwing 1989) zijn hulpmiddelen die een bijdrage kunnen leveren tot de optimalisatie van de stikstofbemesting.

5. Nutriëntenbalans

In de vorige paragraaf is de nutriëntenbalans genoemd om de toevoer van nutriënten bij te houden. Bij een balans hoort echter ook een afvoerkant. Van alle hierboven genoemde proeven was het slechts in een proef mogelijk om op een verantwoorde wijze een nutriëntenbalans te maken. Dit was de proef IB 1866 (1971-1982)m die verslagen is door Van der Veen (1980, 1984*). De aanvoer van nutriënten is berekend met behulp van de gemiddelde samenstelling van de dunne varkensmest en kunstmest en de toegediende hoeveelheden. De onttrekking is berekend door de onttrekking van alle plantendelen te berekenen. Door de plantendelen die op het veld achterbleven hiervan af te trekken, werd de afvoer verkregen. Zonder dat uit de resultaten hier al conclusies worden getrokken kan het volgende geconstateerd worden (tabel 3):

- het jaarlijks gebruik van 40 ton dunne varkensmest leidt reeds tot een overmaat aan N, tenzij het loof (suikerbiet, knolselderij) afgevoerd wordt. Dit wordt weerspiegeld in het N-min-gehalte in het voorjaar;
- jaarlijkse giften van 140 kg P_2O_5 als kunstmest leiden reeds tot een fosfaataccumulatie. Afvoer van loof draagt nauwelijks bij tot een verlaging;
- ondanks een jaarlijkse kaliumtoevoer van 480 kg K_2O per ha wordt de kaliumvoorziening nauwelijks gedekt als het loof wordt afgevoerd.

Tabel 3. Nutriëntenbalans samengesteld uit de gegevens van de gemiddeld per jaar toegediende nutriënten (NPK) en de gemiddeld door het gewas opgenomen respectievelijk afgevoerde nutriënten (NPK) in kg per ha voor een rotatie aardappelen, suikerbieten en maïs (1977-1979 vervangen door knolselderij) over de periode 1971-1982.

object*		aanvoer			afvoer						overschot		N-min voorj. gemiddeld
					via produkt			via loof			zonder afvoer van loof	met	
		1971-'74	'75-'82	totaal	'71-'74	'75-'82	totaal	'71-'74	'75-'82	totaal			'75-'82
a	N	560	0	560	212	699	911	101	699	800	- 351	-1.151	41
	P	760	1.920	2.680	107	267	374	41	312	353	2.306	1.953	
	K	760	1.920	2.680	390	1.002	1.392	272	1.408	1.608	1.288	- 392	
b	N	1.120	0	1.120	240	638	879	111	801	912	241	- 671	39
	P	1.320	3.040	4.360	130	320	450	53	373	426	3.910	3.484	
	K	1.320	3.040	4.360	497	1.298	1.795	359	1.832	2.191	2.565	374	
c	N	796	2.192	2.988	338	920	1.259	154	1.172	1.326	1.730	404	102
	P	596	2.440	3.036	133	336	469	54	399	453	2.567	2.114	
	K	748	2.800	3.548	530	1.409	1.939	343	1.948	2.391	1.609	- 782	
d	N	1.596	4.056	5.652	444	1.206	1.650	239	1.604	1.843	4.002	2.159	179
	P	984	3.808	4.792	162	409	571	86	515	601	4.221	3.620	
	K	1.284	4.480	5.764	760	1.982	2.742	590	2.901	3.491	3.022	- 469	
e	N	1.352	4.112	5.464	366	978	1.344	218	1.316	1.534	4.120	2.586	167
	P	1.340	4.120	5.460	155	384	539	83	469	552	4.921	4.349	
	K	1.088	4.632	5.720	678	1.755	2.433	537	2.548	3.085	3.287	202	
f	N	2.700	8.336	11.036	446	984	1.403	286	1.433	1.719	9.606	7.887	273
	P	1.816	7.192	9.008	195	469	664	122	585	707	8.344	7.637	
	K	2.156	8.304	10.460	850	2.142	2.992	694	3.153	3.847	7.468	3.261	

* zie tabel 1

6. Resteffect

In proeven waarbij een combinatie van organische bemesting en kunstmest vergeleken wordt met kunstmest alleen worden vaak als gevolg van de organische bemesting hogere opbrengsten gevonden. Dit effect staat bekend als het resteffect. De la Lande Cremer (1986) noemt een aantal factoren waaruit dit effect is opgebouwd. Alle effecten die niet door voldoende N, P, of K in de vorm van kunstmest verklaard kunnen worden noemt hij resteffecten. De voorlichtingsdienst hanteert als vuistregel dat bij een extra toevoer van 3500 kg verse organische stof per ha per jaar een extra opbrengsteffect is te behalen bij aardappelen en suikerbieten van respectievelijk 5 en 3%. Op grond van de opzet en de resultaten van het onderzoek waarop deze vuistregel is gebaseerd mag een algemene geldigheid van deze regel worden betwijfeld, aangezien dit effect zeer variabel was tussen de percelen. Eén van de factoren die bij de verklaring van het resteffect een rol van betekenis zou kunnen spelen is het cumulatieve effect van de Nr-fractie. Kortleven (1963) merkt terecht op dat hij de term 'resteffect' pas wenst te gebruiken na herhaalde toediening van organische mest, met andere woorden nadat een soort evenwichtstoestand is opgebouwd. Dan mag echter ook verwacht worden dat er effecten optreden zoals het geleidelijk beschikbaar komen van nutriënten, uitspoeling, een betere vochthuishouding en een lagere ziektedruk door bodempathogenen. Volgens Kortleven (1963) wordt jaarlijks ongeveer 2% van de in de bodem aanwezige organische stof afgebroken. Om het organische-stofgehalte op peil te houden moet dit jaar-

lijks aangevuld worden. Dit kan door oogstresten en groenbemesters maar ook via toevoer van organische stof van buiten het bedrijf bijvoorbeeld door het gebruik van dierlijke mest. Om de afbraak te compenseren is een jaarlijkse toevoer van 1200-1500 kg effectieve organische stof per ha nodig. Onder effectieve organische stof wordt die hoeveelheid organische stof verstaan die na een jaar nog in de grond aanwezig is na toediening van een hoeveelheid verse organische stof. In een bouwplan met ± 50% granen + groenbemesters kan deze toevoer grotendeels via de resten van deze gewassen gerealiseerd worden. Bij intensievere bouwplannen is het vaak nodig om extra organische stof aan te voeren; dit kan met dierlijke mest. In tabel 2 staan de hoeveelheden effectieve organische stof vermeld die per 1000 kg met diverse mestsoorten wordt aangevoerd (Titulaer, 1986. Handboek PAGV 1989). Er moet echter op gewezen worden dat indien dierlijke mest gebruik wordt om het organische-stofgehalte van de grond op peil te brengen, rekening moet worden gehouden met het nutriëntengehalte van de mest. Dit kan dan wel eens beperkend zijn voor de te gebruiken hoeveelheid.

7. Nieuw Onderzoek

In het voorgaande zijn enkele ervaringen met het gebruik en de werkingen van dunne mest in de akkerbouw op een rij gezet. In deze proeven ging het veelal om optimalisatie van de mestgift uit opbrengst- en kwaliteitsoogpunt. Daaruit blijkt dat dunne mest een goed bruikbare meststof is.
Intussen zijn er echter door de wetgever wettelijke maatregelen opgesteld die nieuwe randvoorwaarden geschapen hebben waarbinnen dunne mest in de landbouw gebruikt kan en mag worden (Hotsma, 1990). Daarbij gaat het vooral om de minimalisering van nutriëntenverliezen naar het milieu, via beperking van de jaarlijkse giften, uitrijverbod en inwerkplicht.
Door Van Enckevort e.a. (1990) en Huijsmans en Van Dongen (1990) worden respectievelijk de verliezen door uit- en afspoeling en door NH_3-emissie gekwantificeerd en worden maatregelen aanbevolen om deze verliezen te beperken. Beperking van nutriëntverliezen betekent dat we anders tegen het gebruik van meststoffen en met name dierlijke mest aan moeten kijken, namelijk: niet alleen kijken naar opbrengst en kwaliteit, maar ook streven naar een maximale nutriëntenbenutting. Ook al zijn de huidige normen nog ruimer dan zal de aanvoer via bemesting (ook via kunstmest) meer op de onttrekking moeten worden afgestemd. Kortom een zodanige bemesting dat het gewas een optimale voeding heeft en het milieu minimaal belast wordt.
Afvoer van de oogstresten is dan een optie die in het bedrijfsgebeuren meegenomen moet worden. Zoals uit tabel 3 blijkt kan door afvoer van oogstresten reeds een aanmerkelijke vermindering van de bodembelasting met nutriënten bereikt worden.
De genoemde onderzoeksresultaten zijn vooral afkomstig uit gebieden en van grondsoorten waar het gebruik van dunne mest reeds ingang heeft gevonden. In deze gebieden is reeds frequent dunne mest gebruikt en op de meeste percelen is reeds sprake van cumulatie-effecten zoals o.a. gesteld door Kortleven. Bij de afzet van mest naar de akkerbouw gaat het veelal om gebieden waar slechts incidenteel onderzoek met dunne mest heeft plaatsgevonden. Ook hier geldt: 'Wat de boer niet kent dat eet hij niet'. Mede om de akkerbouwers vertrouwd te maken met het gebruik van dunne mest is door het PAGV in 1986 besloten in deze gebieden proeven aan te leggen met dunne mest. Deze proeven zijn zo opgezet dat inzicht verkregen wordt in de optimale inpassing van dierlijke mest in het akkerbouwbedrijf binnen de randvoorwaarden gesteld door de wetgeving. Daartoe wordt ook het milieuaspect in dit onderzoek meegenomen, o.a. door uitspoelingsonderzoek door Staringcentrum en Landbouwuniversiteit. Verder wordt ook de invloed op de bodemstructuur, de bemestingstoestand en op de bemestingskosten en de arbeidsorganisatie bestudeerd.

Het uiteindelijke doel van dit onderzoek is te onderzoeken of gebruik van dunne mest al of niet in combinatie met kunstmest N in een akkerbouwmatig bedrijfssysteem gelijkwaardig is aan of beter is dan het gebruik van kunstmest alleen.

8. Opzet proeven

In 1986 en 1987 zijn in totaal 11 meerjarige veldproeven gestart op Regionale Onderzoekcentra, die alle minimaal 5 jaar zullen duren. De proeven liggen in verschillende regio's waarbij de opzet is afgestemd op de regionale verschillen in grondsoort en bouwplan.

Mestsoorten
De keuze van het type mest is afhankelijk van het gebied waar de proef ligt (tabel 4).
Als de dunne mest over grote afstand aangevoerd moet worden, is over het algemeen kippemest gekozen. In een aantal gebieden worden doorgaans vaste mestsoorten gebruikt. Een goede organische-stofvoorziening is in deze regio's gewenst omdat vooral de groenten en bloembollen in het bouwplan een goede structuur vragen.

Bemestingstijdstip
Het is in Nederland op klei- en zavelgronden gebruikelijk mest in de herfst, voorafgaand aan het gewas aardappelen te geven.
In de proeven wordt de mest aan aardappelen en suikerbieten gegeven. De reden is het in Nederland veel voorkomend bouwplan: suikerbieten-granen-aardappelengranen of diversen. Over de stoppel voor een rooivrucht mest uitrijden betekent gering gevaar voor structuurschade. De werking van stikstof zal echter bij een herfstgift doorgaans lager zijn dan bij een voorjaarsgift. In het voorjaar mest uitrijden is afhankelijk van de grondsoort niet altijd mogelijk. Dan is het devies: niet doen als het niet kan. Structuurschade is een veel te grote prijs. Daar waar voorjaarstoediening wel mogelijk is, is dat als mogelijkheid in de proeven opgenomen.

Objecten
Hoewel de proefopzet van iedere proef verschillend is door de plaatselijke situatie, zijn er ook overeenkomsten in de opzet. In de meeste proeven zijn drie soorten objecten te onderscheiden:

a. Mestniveau's
In de proeven worden drie niveau's fosfaat, die met dierlijke mest gegeven wordt, onderscheiden: 0, 125 en 250 kg P_2O_5 per ha en per 2 jaar. Op het object dat niet bemest wordt met dierlijke mest wordt fosfaat in de vorm van kunstmest gegeven volgens advies.
De gift van 125 kg P_2O_5 per ha en per 2 jaar is opgenomen om te beoordelen wat de effecten zijn van bemesting met dierlijke mest op basis van de P-behoefte (= P-onttrekking als de P-toestand goed is).

b. N-trappen
De N-trappen worden per mestobject vastgesteld. De N-trappen op een object met mest zullen soms minder hoog zijn dan op een object zonder mest. De N-trappen van

Tabel 4. Gebruikte mestsoorten en het bouwplan in de meerjarige proeven.

lokatie		mestsoort	bouwplan
Van Bemmelenhoeve	(BEM)	dunne kippemest	c.aard-granen-suikerb.-diversen
De Kandelaar	(KL)	dunne kippemest	c.aard-granen-suikerb.-diversen
Rusthoeve	(RH)	dunne varkensmest	c.aard-diversen-suikerb.-granen
		slachtkuikenmest	idem
't Kompas	(VM)	dunne kippemest	f.aard-suikerb.-f.aard-granen
De Waag	(WG)	vaste kippemest	p.aard-bloemb.-groente-p.aard.
Wijnandsrade	(WR)	dunne rundermest	c.aard-granen-suikerb.-diversen
		dunne varkensmest	idem

de objecten met en zonder mest zijn wel op elkaar afgestemd, zodat tenminste twee trappen met elkaar overeenkomen.

Alleen op gewassen die direct na mesttoediening worden geteeld, worden N-trappen aangelegd. De granen en 'diversen' worden op alle objecten uniform met stikstof bemest, zodat eventuele effecten door nawerking van de mest bestudeerd kunnen worden.

c. Stro en/of groenbemester
De proeven kennen een aantal objecten waarin maatregelen ter beperking van de uitspoeling zijn opgenomen. Bij deze objecten is rekening gehouden met de mogelijkheden die er in de regio zijn.

Waarnemingen
In de proeven wordt een uitgebreide set van waarnemingen gedaan om de effecten van de verschillende systemen van bemesting op de opbrengst, de gewaskwaliteit de bodemvruchtbaarheid en de bodemstructuur te kunnen beoordelen. Daarnaast wordt steeds de aanvoer en afvoer van nutriënten bepaald, zodat een nutriëntenboekhouding kan worden opgesteld (Landman e.a., 1988).

De bemestende waarde van dunne mest kan op verschillende manieren worden beoordeeld. In het verleden werd het effect op de kg-opbrengst als beoordelingscriterium gebruikt. Ook nu nog is dat de meest gebruikelijke manier om de waarde van een meststof te bepalen.
Verder worden in de proeven die kwaliteitskenmerken bepaald, waarvan verwacht kan worden, dat ze beïnvloed worden door dierlijke mest.

Naast opbrengst en kwaliteit is er een derde beoordelingscriterium, namelijk de efficiëntie van de nutriënten in dunne mest. Er zijn verschillende manieren om de efficiëntie van een meststof te karakteriseren:
a. recovery. Dit is het aandeel van de gegeven nutriënt dat door het gewas is opgenomen;
b. de werkingscoëfficiënt, gedefinieerd als het percentage gegeven nutriënt dat tot eenzelfde opbrengsteffect leidt als kunstmest;
c. vergelijking van de aanvoer en afvoer van nutriënten gedurende een bepaalde periode, ook wel nutriëntenboekhouding genoemd.

In de proeven wordt vooral de laatste karakteristiek gebruikt. Enerzijds gebeurt dit omdat de opzet van de proeven het niet altijd mogelijk maakt een recovery of werkingscoëfficiënt te berekenen. Anderzijds omdat de nutriëntenboekhouding meer geschikt is om systemen van bemesting over meerdere jaren te vergelijken.

9. Resultaten

Aan de hand van de beoordelingscriteria voor de bemestende waarde van mest zullen nu enkele illustratieve resultaten van de meerjarige proeven besproken worden. De proeven lopen nog tot 1992 zodat nog geen goede evaluatie mogelijk is.

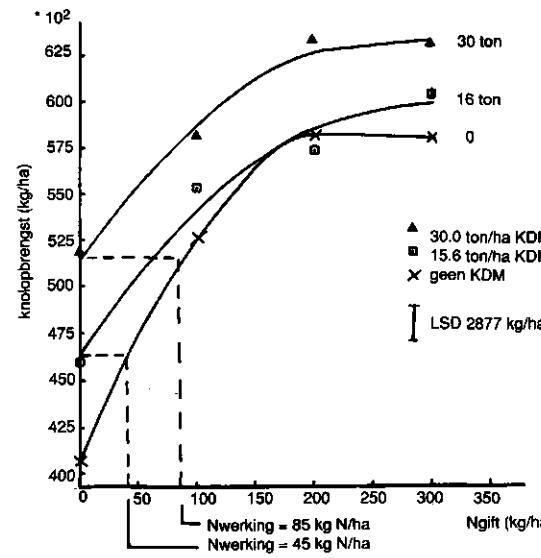


Fig. 5. Herfsttoediening (1988) van dunne kippemest (KDM) en het opbrengsteffect op consumptieaardappelen. (BEM 712, 1989).

Opbrengst
In het algemeen heeft dunne mest bij gewassen met een grote nutriëntbehoefte een verhoging van de kg-opbrengst tot gevolg en zelfs bij de hoge giften vond nog een toename van de opbrengst plaats.
Ook in deze proeven is er bij de lagere dunne mestgiften van 15-30 ton/ha (125 kg P_2O_5) een opbrengsteffect bij gewassen als consumptie-aardappelen, fabrieksaardappelen en suikerbieten. In figuur 5 zijn de resultaten van de knolopbrengst van consumptieaardappelen van de proef op de Van Bemmelenhoeve weergegeven. Hoewel niet altijd de effecten zo sprekend zijn als in dit voorbeeld, volgt de opbrengstreactie van de nutriëntbehoeftige gewassen het bekende beeld: naast een kunstmest-N-effect een effect door dunne mest volgens het principe van afnemende meeropbrengst.
Nu een verdere verhoging van de opbrengst niet meer zo belangrijk is als in het verleden, is de nieuwswaarde van dit type informatie veel geringer. Natuurlijk blijft een opbrengstbepaling belangrijk, o.a. als referentie, ter verklaring van kwaliteitseffecten of om in het verleden berekende werkingscoëfficiënten (Lammers,1984; e.a.) eventueel bij te stellen.

Nawerking van de dunne mest kan gevolgen hebben voor de opbrengst en kwaliteit van de volggewassen. Bij de betrekkelijk lage mestgiften in de proeven kon tot nu toe geen opbrengsteffect door nawerking worden aangetoond. In figuur 6 zijn enkele resultaten gepresenteerd van diverse gewassen. Het gaat in deze figuur om de nawerking van een eenmalige mesttoediening van vergelijkbare omvang. Op dit moment zijn nog onvoldoende resultaten van cumulatieve effecten bekend.

Kwaliteit
Terwijl het opbrengsteffect van dierlijke mest van de in figuur 5 getoonde proef zeer duidelijk (en significant) was, is het effect van de dunne mest op diverse kwaliteitskenmerken veel minder uitgesproken. In tabel 5 is van dezelfde proef het onderwatergewicht, het uitvalpercentage en het nitraatgehalte van de knollen gegeven.

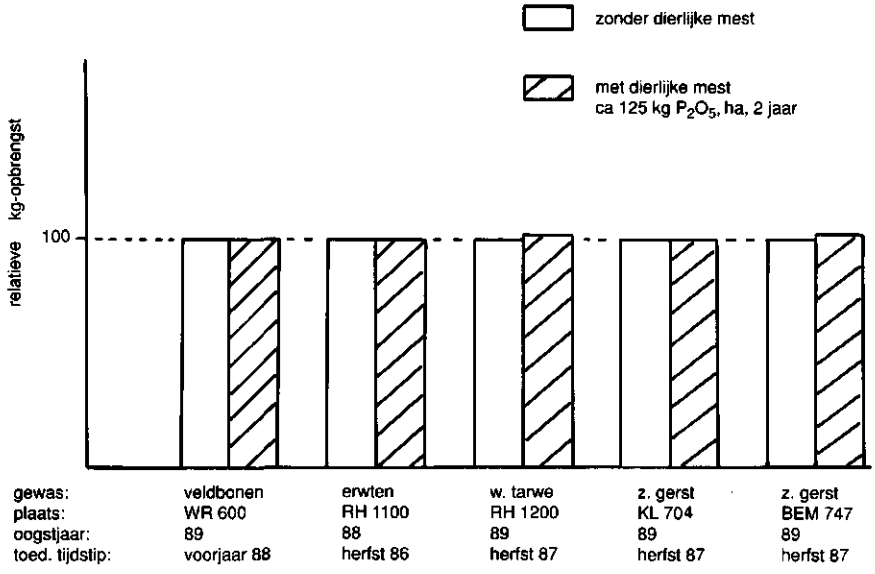


Fig. 6. Nawerking van dunne mest op de kg-opbrengst van diverse gewassen, die ruim een jaar na éénmalig toedienen van dunne mest geteeld zijn.

Tabel 5. Enkele kwaliteitskenmerken van consumptie-aardappelen na herfsttoepassing van dunne kippemest in 1988 (BEM712, 1989).

object	dunne mest (kg Ntot/ha)	kunstmest (kg N/ha)	owg	% uitval	nitraatgehalte (in mg NO_3/kg vers)
1	-	-	439	9.1	29
2	-	100	427	15.7	133
3	144	-	439	15.7	29
4	144	100	417	22.0	143
5	276	-	440	15.3	35
6	276	100	429	19.3	140

Toch komen opbrengsteffect en effect op de kwaliteit meer overeen dan het in eerste instantie lijkt. Uit figuur 5 kan worden afgeleid dat de N-werking van de lage en hoge mestgift respectievelijk 45 en 85 kg N/ha bedroeg. Vergelijkbare hoeveelheden werkzame stikstof uit dunne mest en kunstmeststikstof leiden tot vrijwel dezelfde waarden van het onderwatergewicht, uitval% en nitraatgehalte (tabel 5, objecten 1, 2 en 5). Blijkbaar werken kleine N-giften bij aardappelen sterker in op een opbrengstverhoging dan op een daling van de genoemde kwaliteitskenmerken.

Bij voorjaarstoediening van dunne mest zal relatief meer stikstof uit de dierlijke mest werkzaam zijn en invloed hebben op opbrengst en kwaliteit. In de proef in de Veenkoloniën ('t Kompas, VM60) wordt bij suikerbieten in het voorjaar circa 15 ton/ha dunne kippemest (125 kg P_2O_5) toegediend. Figuur 7 laat zien dat de suikeropbrengst op het object met dunne kippemest alleen afneemt wanneer naast dunne mest ook kunstmeststikstof wordt gegeven, terwijl op het object zonder mest deze afname pas begint bij stikstofgiften boven 100 kg N/ha (= advies). Suikerbieten is een gewas waarbij al snel de opbrengstvermeerdering niet meer opweegt tegen de kwaliteitsvermindering. Dat wil echter niet zeggen dat voorjaarstoediening bij dergelijke gewassen niet mogelijk is. De getoonde resultaten bewijzen het tegendeel, maar laten tevens zien hoe belangrijk het is om dan volgens N-advies te bemesten.

Efficiëntie

Het is bekend dat de nutriëntenbenutting uit dunne mest in het algemeen minder efficiënt is dan die uit kunstmest. Dit geldt met name voor stikstof. Voor de overige elementen is dit niet of nauwelijks het geval (Hotsma,

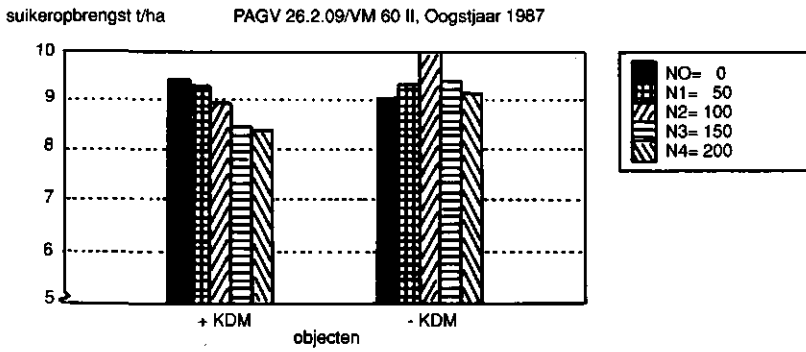


Fig. 7. Suikeropbrengst (ton/ha) na voorjaarstoediening van dunne kippemest (VM60, 1987).

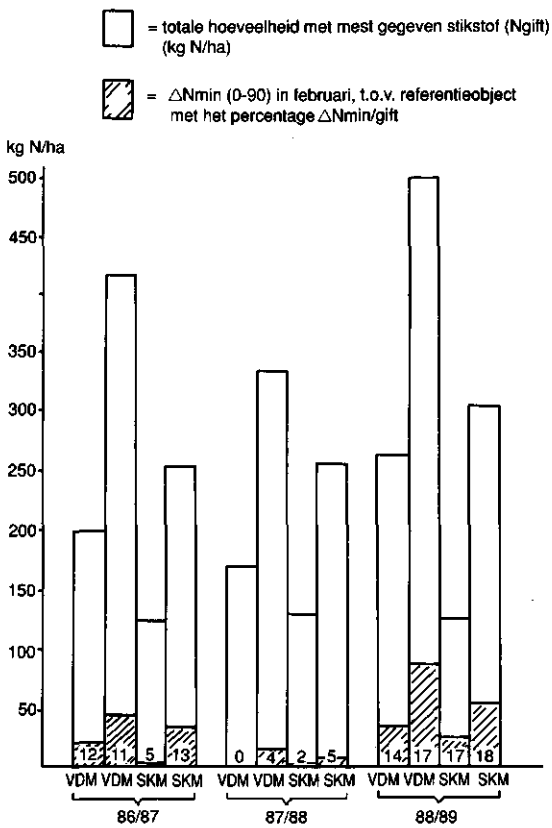


Fig. 8. Herfsttoediening van dunne varkensmest (VDM) en slachtkuikenmest, uitgedrukt in toegediende hoeveelheid stikstof (kg N/ha) en de toename van de hoeveelheid N-mineraal (kg N/ha) in februari t.o.v. het referentieobject (RH1100/RH1200).

1990). In fig. 8 is voor drie opeenvolgende jaren de verhoging van het gehalte aan minerale stikstof in februari na toedienen van dunne mest in de herfst gegeven. Slechts een klein deel van de gegeven stikstof is in het voorjaar als minerale stikstof aanwezig en geeft een besparing op de kunstmest stikstofgift. In werkelijkheid is de besparing weliswaar 10-20% groter door mineralisatie van maart tot augustus (Lammers, 1984), maar het grootste deel van de met dunne mest gegeven stikstof gaat verloren.
Het streven in de proeven is om de dunne mest dusdanig toe te passen, dat zo veel mogelijk nutriënten worden benut en er zo weinig mogelijk nutriënten verloren gaan.

Allereerst betekent dit, dat de gebruikte hoeveelheid dunne mest aanzienlijk kleiner moet zijn dan in het verleden gebruikelijk was. Toedienen van dunne mest in de herfst kan het best geschieden op basis van het fosfaatgehalte. De kans op verliezen van fosfaat naar het milieu is dan zeer gering. Juist bij kleine giften kunnen fosfaat en ook kali zeer goed in de vorm van dunne mest worden toegediend, (tabel 6). Het is belangrijk om steeds de mest te laten analyseren om bij eventuele afwijkende gehalten de giften te kunnen bijstellen.

Bij herfsttoediening gaat doorgaans een groot deel van de stikstof verloren door uitspoeling. Er kunnen diverse maatregelen genomen worden om deze verliezen te beperken, zoals later door Van Enckevort e.a. (1990) wordt beschreven. De uitspoelingsbeperkende maatregelen die in de proeven worden toegepast zijn het zaaien van een groenbemester al of niet in combinatie met het inwerken van stro.
Gemiddeld kan door een groenbemester ca.

Tabel 6. Aanvoer van fosfaat en kali met kunstmest of dunne mest in de proef op de Rusthoeve (RH1200). Uitgangssituatie: Pw=31, K-getal=25.

vrucht-opvolging	kunstmest kg P_2O_5/ha	kg K_2O/ha	dunne varkensmest kg P_2O_5/ha	kg K_2O/ha	droge slachtkuikenmest kg P_2O_5/ha	kg K_2O/ha
c.aardappelen	100	400	89	153	102	115
wintertarwe	-	-	-	-	-	-
suikerbieten	130	-	76	178	96	125
erwten	-	-	-	-	-	-

bruik van dierlijke mest moet dan wel in het bemestingsplan van de totale vruchtopvolging rekening gehouden worden met de nutriënten in de mest.
De efficiëntie van stikstof in mest is in principe vergelijkbaar met kunstmest-N als de stikstof, die in vergelijkbare vorm als kunstmest-N aanwezig is in de mest, in ogenschouw genomen wordt. In tegenstelling tot kunstmest-N wordt dierlijke mest vaak in de herfst toegediend, waardoor grote hoeveelheden stikstof verloren kunnen gaan. Beschermende maatregelen kunnen deze verliezen beperken, mits de hoeveelheid met dierlijke mest gegeven stikstof aangepast is aan de capaciteit van de maatregelen.
Door het gebruik van groenbemesters en nitrificatieremmers kunnen deze verliezen beperkt worden (Van Enckevort e.a. 1990, Landman 1990). Voorwaarde is daarbij dat de mestgiften zijn afgestemd op de mogelijkheid van de maatregelen die worden genomen om de stikstofverliezen te beperken.
Anders wordt slechts een deel van het stikstofverlies voorkomen en kunnen de verliezen per saldo toch nog hoog oplopen.

11. Conclusies en aanbevelingen

De tot nu toe uitgevoerde proeven geven om allerlei redenen (opzet, grondsoort, weinig continue proeven,nieuwe randvoorwaarden, geen nutriëntenverliezen bepaald etc.) niet voldoende houvast om een goed beeld te krijgen van de optimale inzet en effecten van mest in de huidige situatie.
Ofschoon het nieuwe onderzoek nog te kort loopt kunnen enkele voorlopige conclusies worden getrokken.

- Ofschoon minder relevant wordt ook nu het positieve opbrengsteffect van dunne mestgiften bevestigd.
- Bij deze niveau's (wetgeving) van dunne mestgiften wordt ten opzichte van het kunstmestobject nog geen duidelijke kwaliteitsvermindering bij de gewassen gemeten. Voorwaarde is dat de N-gift aangepast is aan de behoefte (N min, februari).
- Voorlopig (3 jaar) is nog geen nawerking geconstateerd in volggewassen.
- De werking van NPK uit mest is in principe gelijk aan die uit kunstmest.
- De inzaai van groenbemesters heeft alleen zin als uiterlijk begin september gezaaid kan worden.

Aanbevelingen voor verder onderzoek

- Een betere definiëring en kwantificering van het resteffect.
- Het kwantificeren en beter voorspellen van de N-mineralisatie uit dunne mest zowel bij lage als hoge frequentie van het gebruik.
- Het stimuleren van het opstellen van een nutriëntenbalans door akkerbouwbedrijven.
- Onderzoek naar bemestingssystemen om de nutriëntenbenutting te verbeteren.
- Onderzoek naar de relatie dierlijke meststikstofvoeding en bakkwaliteit van aardappelen na bewaring.
- Het onderzoek naar de effecten van dierlijke mest op de opbrengst en kwaliteit van andere gewassen (uien, bloembollen, etc.) moet worden uitgebreid, waarbij vooral de kwaliteitskenmerken duidelijk omschreven moeten worden.

Literatuur

Boekel, P., 1986. Het effect van organische stof op de bodemstructuur. In: Themadag 'Organische stof in de akkerbouw' Themaboekje nr. 7, 44-53. PAGV Lelystad.

Bosch, H. en P. de Jonge, 1989. Handboek voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond. PAGV, Publicatie nr. 47, p. 252, Lelystad.

Burg, P.F.J. van, M.R.J. Holmes and K. Dilz, 1983. Sugerbeet Nitrogen supply from fertilizers and manures. Agricultural Bureau of the Netherlands Fertilizer Industry, The Hague.

De la Lande Cremer, L.C.N., 1986. Resteffecten, specifieke effecten, structuureffecten, nevenwerkingen, humus- en organische stofwerkingen van organische bemestingen. In: Themadag 'Organi-

sche stof in de akkerbouw', p. 32-43, Themaboekje nr. 7, PAGV, Lelystad.

De la Lande Cremer, L.C.N., 1985. Long-term effects of farm slurries applications in the Netherlands. In: Williams, J.H.G. Guidi and P. l'Hermite (eds.) Long-term effects of sevage sludge and farm slurries applications (Proc. CEC-Seminar, 25-27 september Pisa 1984), London, Elsevier 1985, p. 84-90.

Enckevort van, P.L.A. e.a., 1990. PAGV themaboekje nr. 10. Benutting dierlijke mest in de akkerbouw.

Ferwerda, J.D., 1951. Over de werking van stalmest op bouwland. I. Verslagen Landbkd. Onderz. 57.13; II idem 57.16.

Haan, S. de, 1980. Einfluss von organischer Düngung auf das maximal erreichbare Ertragsniveau in langjährigen niederländischen Feldversuchen. Landwirtsch. Forsch. Sonderh. 36: 389-404, Darmstadt.

Horst, K. ter, 1969. De stikstofbemesting van late consumptie-aardappelen op lichte gronden in verband met de stalmestgift. Landbouwvoorlichting 26, 196-199.

Horst, K. ter en H.A. te Velde, 1969. De mogelijkheden ter voorziening van veenkoloniale gronden met organische stof bij bouwplannen met 50% aardappelen. Inst. Bodemvruchtbaarheid. Rapp. 3, 24 pp. Landbouwvoorlichting.

Hotsma, P., 1990. PAGV themaboekje nr. 10. Benutting dierlijke mest in de akkerbouw.

Huijsmans, J.F.M. en G.J.M. van Dongen, 1990. PAGV themaboekje nr. 10. Benutting dierlijke mest in de akkerbouw.

Klasse, J. und W. Werner, 1985. Schnellmethode zur Bestimmung des Stickstoffgehaltes der Gülle im landwirtschaftlichen Betrieb. Kali-Briefe 17 (9) 715-723.

Knab, W.C.J.P., 1981. De invloed van de hoeveelheid stikstof van onderscheiden herkomst op de opbrengst en de chemische samenstelling van spinazie. Doctoraalverslag. Vakgroep Bodemk. en Plantenvoeding. p. 49. LU Wageningen.

Kortleven, J., 1963. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Versl. Landbouwk. Onderzoek 69.1. Pudoc, Wageningen, 109 pp.

Lammers, H.W., 1976. Het effect van bemesten met dierlijke organische mest. De Buffer, 120-161.

Lammers, H.W., 1983. Gevolgen van het gebruik van organische mest op bouwland. Rapport CAD, Wageningen. p. 44.

Lammers, H.W., 1984. Een berekende stikstofwerkingscoëfficiënt voor diverse dierlijke organische mestsoorten. De Buffer 30, 169-197.

Landman, A., 1988. Geschiktheid van groenbemesters voor N-conservering na drijfmestaanwending. Ad Fundum 6, 16-24.

Landman, A., 1990. Use of green manures to prevent nitrate leaching after slurry spreading. In: Proceedings Symposium Fertilizations and Environment, August 1989, Leuven (in druk).

Loon van, C.D., en J.F. Houwing, 1989. Optimalisering van de stikstofvoeding van consumptie-aardappelen. PAGV, Publikatie nr. 42, p. 90, Lelystad.

Peusens, J.B., 1980. Invloed mengmest op suikerbieten. Bedrijfsontwikkeling 11, 1055-1058.

Peusens, J.B., 1971-1980. De invloed van drijfmest op de opbrengst en kwaliteit van aardappelen en suikerbieten. Verslagen ROC Vredepeel en Wijnandsrade (diverse verslagen).

Schröder, J., 1990. PAGV themaboekje nr. 10. Benutting dierlijke mest in de akkerbouw.

Stumpel, J., 1967. Verslag over proefvelden met wekelijkse rooiingen in het Noorden en Zuiden van Nederland 1954-1964 Med. IRS. 37, 3, Bergen op Zoom p. 136.

Tilburg, A. van, 1979. De invloed van varkendsdrijfmest op de opbrengst en de kwaliteit van waspeen. Stageverslag. CHAS Dronten p. 20.

Titulaer, H.H.H., 1981. Kwaliteit van groentegewassen. In: Jaarverslag 1980 PAGV, 57-63, Publikatie nr. 15 PAGV 1981.

Titulaer, H.H.H. en O. Hoekstra, 1986. De toepas-

sing van organische bemesting in bedrijfsverband. In: Themadag 'Organische stof in de akkerbouw' p. 68-78, Themaboekje nr. 7, PAGV, Lelystad.

Veen, L. van der, 1980. Invloed van kunstmest en varkensdrijfmest op de opbrengst en kwaliteit van knolselderij. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 6-80, 33 p.

Veen, L. van der, 1983. Is de bemesting van invloed op bewaarverliezen van aardappelen? Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 2-83, 21 pp.

Veen, L. van der, 1984a. Invloed van kunstmest en varkensdrijfmest op de opbrengst, kwaliteit en chemische samenstelling van suikerbieten. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 2-84, 41 pp.

Veen, L. van der, 1984b. Invloed van kunstmest en varkensdrijfmest op de opbrengst, kwaliteit en chemische samenstelling van maïs. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 3-84, 28 pp.

Veen, L. van der, 1984c. Invloed van kunstmest en varkensdrijfmest op de opbrengst en kwaliteit en chemische samenstelling van aardappelen. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 4-84, 38 pp.

Veen, L. van der, 1984d. Kwantitatieve en kwalitatieve effecten van kunstmest en drijfmest op de suikeropbrengst van bieten. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 5-84, 20 pp.

Wadman, W.P., 1982. De invloed van de stikstofbemesting op de opbrengst en het nitraatgehalte van spinazie. Verslag veldproef en potproef. Interne Mededeling PAGV nr. 252. p. 49 + bijlagen.

Wadman, W.P., 1987. Effect of organic manure on crop yield in long term field experiments. In: J.H. Cooley (e.d.), Soil organic matter dynamics and soil productivity; Proc. Intercol Workshop, Ekenaes, Sweden, 4-6 June 1986. Intecol Bulletin 1987: 15 pp. 83-89.

Mogelijkheden om uitspoeling van voedingsstoffen uit dierlijke mest te beperken

P.L.A. van Enckevort, IB
A. Landman en H.H.H. Titulaer, PAGV
E.J. Jansen, Staring Centrum

1. Inleiding

Dierlijke mest is een waardevol produkt voor de gewasproduktie, omdat het organische stof en een groot aantal plantevoedende stoffen bevat waarvan stikstof, fosfaat en kalium de belangrijkste zijn (Wadman et al., 1987). Bij onoordeelkundig gebruik van dierlijke mest kan echter een groot deel van deze voedingsstoffen voor het gewas verloren gaan. De belangrijkste verliezen zijn:

- vervluchtiging van stikstof in de vorm van ammoniak en stikstofgas (N_2),
- afspoeling van dierlijke mest met de daarin aanwezige voedingsstoffen over het grondoppervlak naar het oppervlaktewater,
- uitspoeling van voedingsstoffen naar het grond- en oppervlaktewater.

Het is belangrijk om de verliezen van voedingsstoffen zo klein mogelijk te houden, omdat daarmee de belasting van het milieu wordt verminderd en de bemestende werking van de dierlijke mest wordt verhoogd, waardoor met minder kunstmest kan worden volstaan.
Afspoeling van dierlijke mest en vervluchtiging van ammoniak kan met name sterk worden verminderd door de dierlijke mest te injecteren of meteen na oppervlakkige toediening onder te werken (Huijsmans en Van Dongen, 1990).
In dit artikel komt het verlies van voedingsstoffen door uitspoeling aan de orde. Eerst wordt aangegeven wat onder uitspoeling wordt verstaan, onder welke omstandigheden dit vooral kan optreden en welke voedingsstoffen hieraan het meest onderhevig zijn. Daarna worden enkele belangrijke maatregelen besproken waarmee de uitspoelingsverliezen kunnen worden beperkt.

2. Uitspoeling van voedingsstoffen

Per jaar bedraagt de neerslag in Nederland gemiddeld 760 mm. Hiervan verdwijnt gemiddeld 460 mm door evapotranspiratie (dat wil zeggen verdamping vanuit de bodem en het gewas), terwijl de overige 300 mm wordt afgevoerd door de bodem (inspoeling) en/of over het bodemoppervlak (afspoeling). Neerslag en verdamping zijn niet gelijkmatig over het jaar verdeeld. In de periode van april tot en met juli overtreft gemiddeld genomen de verdamping de neerslag, waardoor de bodem uitdroogt. Van medio augustus tot en met maart is de neerslag doorgaans hoger dan de verdamping, zodat er spake is van een neerslagoverschot. In augustus en september leidt dit vaak tot aanvulling van de vochtvoorraad van de bodem, waarna in de periode van oktober tot en met maart afvoer van het neerslagoverschot optreedt (Wesseling, 1976).
Voedingsstoffen die in de periode van oktober tot en met maart in het bodemvocht aanwezig zijn, kunnen hiermee in neerwaartse richting worden getransporteerd en uitspoelen. Een voedingsstof wordt in deze tekst als uitgespoeld beschouwd als deze na neerwaarts transport een diepte in het profiel heeft bereikt waar het niet meer door het gewas kan worden opgenomen. Het al dan niet uitgespoeld zijn van een voedingsstof wordt niet alleen bepaald door de diepte ervan in het profiel, maar met name ook door de doorwortelbaarheid van de bodem en door de aard van het gewas.
Afhankelijk van de voedingsstof en de omstandigheden zal een stof die niet meer door

het gewas wordt opgenomen uiteindelijk geheel of gedeeltelijk in het grondwater terecht komen. Nitraat kan ruwweg als uitgespoeld worden beschouwd wanneer het beneden de 60 tot 100 cm in het bodemprofiel is getransporteerd. Hiervan kan een deel verdwijnen door denitrificatie (omzetting van nitraat naar gasvormige stikstof, N_2 en N_2O); de rest komt in het grondwater terecht.
Uitspoeling is doorgaans groter op lichte (zandige) en goed ontwaterde gronden dan op zware en slecht ontwaterde gronden. Op lichte en goed ontwaterde gronden is het neerwaarts watertransport groter, op lichte gronden worden de voedingsstoffen over het algemeen minder goed gebonden, en op zware en slecht ontwaterde gronden kan een groter deel van het nitraat denitrificeren.
Grondwater is een belangrijke bron voor de drinkwatervoorziening, zodat de eisen waaraan de kwaliteit van het grondwater dient te voldoen vaak gelijk worden gesteld aan die van het drinkwater. Bij de normstelling voor het drinkwater wordt onderscheid gemaakt tussen de zogenaamde richtwaarden en de maximaal toelaatbare waarden (EEG, 1980). Uitgaande van een grondwatervoeding van 300 mm per jaar kunnen deze concentraties omgerekend worden in de hoeveelheid die maximaal per jaar mag uitspoelen (kg/(ha*j)) om beneden deze normen te blijven (tabel 1).
Stikstof (N) in dierlijke mest, met name dunne mest, is voor ongeveer de helft aanwezig in organische vorm en voor de andere helft aanwezig als ammonium in evenwicht met ammoniak. Ammonium wordt goed door de bodemdeeltjes vastgehouden en spoelt niet gemakkelijk uit. Na toediening van dierlijke mest wordt het hierin aanwezige ammonium doorgaans snel omgezet in nitraat. Deze omzetting gebeurt door bodembacteriën en heet nitrificatie. Nitraat wordt in tegenstelling tot ammonium nauwelijks door de bodem vastgehouden en kan gemakkelijk uitspoelen. Van het organische deel van de stikstof komt door afbraak circa de helft binnen één jaar na toediening als ammonium vrij (mineralisatie) terwijl de andere helft pas in de jaren daarna vrijkomt (Sluijsmans en Kolenbrander, 1977).
Fosfaat (P_2O_5) in dierlijke mest is na opslag van enkele maanden vaak voor meer dan 85% in anorganische vorm aanwezig (Vriesema en Gerritse, 1983), de rest is dan nog in organische vorm. Anorganisch fosfaat wordt vaak sterk door de calcium-, ijzer-, en aluminiumverbindingen in de bodem gebonden en spoelt niet uit, mits de grond niet met fosfaat is verzadigd. Met verzadigd wordt bedoeld dat alle bindingsplaatsen waaraan fosfaat kan worden gebonden, met fosfaat zijn bezet. Het fosfaatbindend vermogen is afhankelijk van de grondsoort (Breeuwsma, 1984). Bij hogere grondwaterstanden neemt de kans op uitspoeling van fosfaat naar het gronden oppervlaktewater toe (Anon., 1986[b]).

Tabel 1. Richtwaarden en maximaal toelaatbare waarden voor ammonium, nitraat, kalium en fosfaat in drinkwater (EEG, 1980) en de hoeveelheden hiervan die maximaal per ha per jaar mogen uitspoelen om beneden deze normen te blijven (uitgaande van een grondwatervoeding van 300 mm per jaar).

voedingsstof	drinkwaternorm			maximale uitspoeling bij:		
	richt-waarde	maximaal toelaat-bare waarde		richt-waarde	maximaal toelaat-bare waarde	
ammonium	0,04	0,4	(N,-g/m^3)	0,12	1,2	(N, kg/ha)
nitraat	5,6	11,3	(N, g/m^3)	17	34 #	(N, kg/ha)
kalium	12,0	14,4	(K_2O, g/m^3)	36	43	(K_2O, kg/ha)
fosfaat	0,4	5,0	(P_2O_5,g/m^3)	1,2	15	(P_2O_5,kg/ha)

* 1 kg K_2O komt overeen met 0,83 kg K en 1 kg P_2O_5 komt overeen met 0,43 kg P; # voor nitraat kan dit als een ondergrens worden beschouwd, omdat uiteindelijk een belangrijk deel ervan in het grondwater kan denitrificeren.

Kalium (K, K_2O) in dierlijke mest is in anorganische vorm aanwezig, zodat het gedrag ervan in de bodem hetzelfde is als kalium afkomstig van kunstmest (Van Dijk en Sturm, 1983). Kalium kan in de bodem worden gebonden in een uitwisselbare (voor de plant opneembare) vorm en in een niet-uitwisselbare (gefixeerde) vorm. In zandgronden wordt kalium hoofdzakelijk in een uitwisselbare vorm gebonden. Het kaliumbindend vermogen is sterk afhankelijk van de grondsoort; op zavel- en kleigronden is dit aanzienlijk groter dan op zandgronden, die daardoor ook kwetsbaarder zijn (Breeuwsma, 1985; Anon., 1986[b]).
Organische stof in dierlijke mest met de daarin aanwezige voedingsstoffen wordt vrij goed vastgehouden door de mechanische filterwerking van de bodem. Een klein deel ervan is mobiel en kan in neerwaartse richting worden getransporteerd. Bij jaarlijkse toediening van 100 m^3 dunne mest van rundvee per ha in het najaar op een zandgrond werd echter in het bodemvocht op 1 meter diepte géén verhoging van het chemisch zuurstofverbruik (dit is een maat voor het gehalte aan opgeloste organische stof) gevonden (Van Dijk, 1985).

3. Afstemmen van de dierlijkemestdosering op de behoefte van het gewas aan voedingsstoffen

Door middel van bemesting wordt het aanbod van voedingsstoffen door de bodem verhoogd om aan de behoefte van het gewas te voldoen. De bemestingsbehoefte wordt vooral bepaald door de behoefte van het gewas, verminderd met de voor het gewas beschikbare hoeveelheid voedingsstoffen in de bodem.
Voor kunstmeststikstof, -fosfaat en -kalium zijn voor de meeste gewassen bemestingsadviezen opgesteld om een optimale voorziening van voedingsstoffen te verkrijgen (Anon. 1986[a], 1987[a]). Voor dierlijke mest zijn stikstof-, fosfaat- en kaliumwerkingscoëfficiënten gegeven voor verschillende mestsoorten, toedieningswijzen, toedieningstijdstippen en grondsoorten (Anon., 1988; Lammers, 1984). Met de werkingscoëfficiënt wordt aangegeven welk percentage van de totale hoeveelheid van een voedingsstof in de dierlijke mest een gelijke werking heeft als kunstmest gegeven op het gewenste tijdstip.
Wanneer het gehalte van stikstof, fosfaat en kalium in de dierlijke mest bekend is, kan met behulp van het bemestingsadvies en de werkingscoëfficiënten worden bepaald hoeveel dierlijke mest het best kan worden toegediend en hoeveel additioneel aan kunstmest nodig is (Landman en Titulaer, 1990).
Het afstemmen van de bemesting op de gewasbehoefte is niet alleen van belang voor een optimale gewasopbrengst, maar ook voor het beperkt houden van de uitspoelingsverliezen. Wanneer door een te hoge bemesting het aanbod van voedingsstoffen de behoefte van het gewas overschrijdt, zal er ophoping van voedingsstoffen in de bodem optreden en het risico van uitspoeling toenemen. Experimenten waarbij de ophoping en uitspoeling van voedingsstoffen is onderzocht in relatie tot de mate waarin de bemesting is afgestemd op de gewasbehoefte, zijn echter nog beperkt in aantal en zijn voornamelijk verricht met kunstmeststikstof (Prins et al., 1988). De resultaten van deze kunstmestproeven kunnen met behulp van de werkingscoëfficiënten voor dierlijke mest worden vertaald naar omstandigheden waarbij dierlijke mest wordt toegepast.

Voor stikstof geldt dat, bij een overschrijding van de gewasbehoefte, het overschot aan minerale stikstof grotendeels na de oogst in de bodem zal achterblijven en in de daaropvolgende winter kan uitspoelen. (Minerale bodemstikstof (Nmin) is, in tegenstelling tot organisch gebonden stikstof, voor het gewas opneembaar en doorgaans overwegend als nitraat aanwezig omdat het ammonium meestal snel wordt omgezet in nitraat.)
In 27 veldproeven met suikerbieten, op verschillende grondsoorten en uitgevoerd door het Instituut voor Rationele Suikerproduktie

Tabel 2. Invloed van stikstofbemesting op de suikerbietenopbrengst en de nitraatuitspoeling. Gemiddelde waarden van een vijfjarig lysimeterexperiment (naar Van Dijk, 1985). Het gehele gewas werd na de oogst verwijderd.

stikstofbemesting (kg N per ha per j.)	gewasopbrengst (ton per ha)	nitraatuitspoeling (kg N per ha per j.)
0	27	48
147	49	43
247	64	45
347	59	95

(IRS) in de periode van 1980-1986, werd bij de oogst een gemiddeld Nmin-gehalte (0-60 cm) van 19 kg N per ha aangetroffen wanneer géén stikstof was toegediend, terwijl dit slechts toenam tot 23 kg N per ha bij een optimale N-gift (gemiddeld 133 kg N per ha; Neeteson en Ehlert, 1989).

In een vijfjarig lysimeterexperiment (110 cm lange met zand gevulde cylinders, waarvan het aan de onderkant uittredende water werd opgevangen en geanalyseerd op met name nitraat) met suikerbieten was de nitraatuitspoeling bij een kunstmest-stikstofbemesting, die waarschijnlijk dicht bij de optimale stikstofgift lag, ongeveer gelijk aan die zonder stikstofbemesting (tabel 2; Van Dijk, 1985). Bij een bemesting van 347 kg N per ha, en daarmee overschrijding van de optimale stikstofgift, verdubbelde de nitraatuitspoeling.

In een veldproef met wintertarwe werden bij een bemesting van 140, 200 en 240 kg N per ha na de oogst (gemiddeld over twee jaar) hoeveelheden stikstof in de bodemlaag van 0 tot 90 cm gevonden van respectievelijk 16, 18 en 32 kg Nmin per ha (Prins et al., 1988). De optimale stikstofgift was 200 kg N per ha; beneden deze gift nam het Nmin-gehalte na de oogst weinig af, terwijl boven deze gift het Nmin-gehalte beduidend toenam.

Suikerbieten en wintertarwe kunnen de grond tot een diepte van 90 cm intensief doorwortelen en blijken hierdoor in het algemeen goed in staat te zijn om stikstof aan de bodem te onttrekken en bij de oogst een Nmin-arme bodem achter te laten mits, de stikstofbehoefte van het gewas niet wordt overschreden (Prins et al., 1988; wanneer het loof en de koppen van de bieten na de oogst op het land achterblijven kan de hierin aanwezige stikstof (ongeveer 100 kg N per ha) na mineralisatie bijdragen aan de nitraatuitspoeling).

Aardappelen en snijmaïs zijn minder goed in staat om stikstof aan de bodem te onttrekken. In 17 veldproeven met aardappelen die in de periode van 1983-1985 op dal- en zandgronden in het noordoosten van Nederland werden verricht, werd bij een optimale N-gift (gemiddeld 171 kg N per ha) een gemiddeld Nmin-gehalte van 50 kg N per ha (0-60 cm) gevonden (Neeteson et al., 1989). Zonder stikstofbemesting bedroeg het gemiddelde Nmin-gehalte slechts 27 kg N per ha.

Snijmaïs wordt vaak bemest met overmatig grote hoeveelheden dierlijke mest; het gewas kan dit verdragen zonder dat er een duidelijk kwaliteitsverlies optreedt. In een negenjarige veldproef met maïs op een zandgrond waar jaarlijks grote hoeveelheden dunne mest van rundvee werden toegediend bleek, in het traject van 500-1000 kg dunne-mest-N per ha per jaar, van de extra toegediende dunne-mest-N slechts circa 8% door de mais te worden opgenomen, terwijl 34% als nitraat uitspoelde (Oosterom en Steenvoorden, 1984).

Sinds het in werking treden van de eerste fase van het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen in 1987 is de toediening van dierlijke mest op snijmaïspercelen aan banden gelegd. Verwacht wordt dat door de strengere wetgeving (de zgn. fosfaatnormen voor dierlijke mest (Anon., 1987[b]) de stik-

Tabel 3. Invloed van de kaliumaanvoer door bemesting met dunne mest en kunstmest op de opname en uitspoeling van kalium. Gemiddelde waarden van een achtjarig lysimeterexperiment (vijf jaar suikerbieten en drie jaar snijmaïs waarbij het gehele gewas na de oogst werd verwijderd) en uitgedrukt in kg K_2O per ha per jaar (Van Dijk, 1985).

behandeling	K-gift	opname	uitspoeling
kunstmest (247 kg N*)	194	307	55
50 ton dunne m. voorj.	346	365	51
100 ton dunne m. voorj.	691	556	59
150 ton dunne m. voorj.	1037	700	93
100 ton dunne m. naj.	580	400	173

* optimale N-gift

stof-, fosfaat-, en kaliumbelasting van snijmaïspercelen in de toekomst nog verder zal afnemen en daarmee het risico van uitspoeling. Desondanks zal de nitraatuitspoeling op maïsland naar verwachting ook bij een optimale stikstofgift onacceptabel hoog zijn (Schröder, 1990).

Het overschot aan fosfaat wordt door de bodem gebonden zolang de bodem niet met fosfaat verzadigd is. Wanneer jarenlang beduidend méér fosfaat aan de bodem wordt toegevoegd dan door het gewas wordt onttrokken, raakt de bodem na verloop van tijd verzadigd en spoelt het jaarlijkse overschot aan fosfaat uit. Om de fosfaatvoorraad van de bodem op een gelijk peil te houden is in de akkerbouw gemiddeld 70 kg P_2O_5 per ha per jaar nodig. Wanneer het bietenloof en de koppen worden afgevoerd betekent dit een extra afvoer van circa 37 kg P_2O_5 per ha in dat jaar. Door de momenteel geldende fosfaatnormen voor dierlijke mest mag er méér aan fosfaat via de dierlijke mest worden toegediend dan er wordt afgevoerd, met alle gevolgen van dien voor het risico van fosfaatuitspoeling op lange termijn.

Kalium ligt wat betreft het uitspoelingsgedrag min of meer tussen fosfaat en nitraat in. Ook wanneer er géén sprake is van een overschot aan kalium kan kaliumuitspoeling optreden. Dit geldt vooral voor zandgronden. In een drainwateronderzoek van een groot aantal praktijkpercelen (bouwplan aardappelen, suikerbieten en tweemaal tarwe) werd in rivierklei-, zeekleien zandgronden een gemiddelde kaliumuitspoeling van resp. 0, 48 en 58 kg K_2O per ha per jaar gevonden (Henkens, 1976).
In het eerder genoemde lysimeterexperiment met zandgrond (Van Dijk, 1985) werd gemiddeld over 8 jaar (5 jaar suikerbieten en 3 jaar snijmaïs) een kaliumuitspoeling gevonden van ongeveer 55 kg K_2O per ha per jaar wanneer de aanvoer van kalium in het voorjaar via kunstmest en dierlijke mest beneden of omstreeks de kaliumonttrekking lag (tabel 3). De kaliumuitspoeling was beduidend hoger wanneer de kaliumonttrekking ver werd overschreden.
Om de kaliumvoorraad van de bodem op een gelijk peil te houden is in de akkerbouw, bij voorjaarstoediening van de mest, afhankelijk van de grondsoort en het bouwplan, gemiddeld 150 tot 200 kg K_2O per ha per jaar nodig. Afvoer van het bietenloof en de koppen betekent een extra afvoer van circa 180 kg K_2O per ha in dat jaar.

4. Toedienen van dierlijke mest in het voorjaar

Naarmate de periode tussen het tijdstip van dunne-mesttoediening en het tijdstip dat de voedingsstoffen door het gewas worden opgenomen korter is, zal het risico dat er uitspoelingsverliezen optreden kleiner zijn. Dit geldt vooral voor nitraat.
Wanneer dierlijke mest in het najaar wordt uitgereden kan de hierin aanwezige ammo-

Tabel 4. Invloed van het tijdstip van jaarlijkse toediening van 30 m^3 per ha varkensdrijfmest (189 kg N per ha) op zandbouwland op de nitraatuitspoeling (Vetter en Steffens, 1981).

toedienings-tijdstip	uitspoeling	
	kg N per ha per jaar	% van toegediende drijfmeststikstof ten opzichte van geen bemesting
augustus	140	30
oktober	125	22
februari/maart	100	8
onbemest	86	-

nium snel worden omgezet in nitraat dat vervolgens, in tegenstelling tot ammonium, in de winter kan uitspoelen (tabel 4). Dit is een belangrijke reden waarom er in een deel van de periode vanaf de oogst tot en met het voorjaar geen dunne mest meer mag worden uitgereden (Anon., 1986[b]; Anon, 1987[b]). De N-bemestende werking van dunne mest is bij najaarstoediening dan ook veel lager dan bij voorjaarstoediening (Lammers, 1984; Sluijsmans en Kolenbrander, 1977).
Opgemerkt dient te worden dat het risico van nitraatuitspoeling naar verwachting ook bij voorjaarstoediening van dunne mest hoger zal zijn dan bij gebruik van kunstmeststikstof. Dit omdat een klein deel van de stikstof in de organische fractie van de dunne mest in het najaar en de winter door mineralisatie als Nmin zal vrijkomen. Wadman en Ehlert (1989) berekenden dat bij toediening van dierlijke mest in maart minder dan 4% van de dierlijke-meststikstof hierdoor kan uitspoelen na de teelt van suikerbieten.

Het transport van anorganisch fosfaat uit de dunne mest wordt weinig beïnvloed door het tijdstip van toediening, omdat deze fractie goed door de bodem wordt vastgehouden zolang er geen sprake is van fosfaatverzadiging. Van het organisch fosfaat in de dierlijke mest is een klein gedeelte mobiel. Gerritse (1978) en Vriesema en Gerritse (1983) vonden dat de potentieel mobiele fosfaatfractie minder dan circa 1% bedraagt van het totale fosfaatgehalte van dunne mest van mestkalveren, mestvarkens en leghennen, en varieert van 1% tot 4% (gemiddeld 2%) bij dunne mest van runderen. Onder gemiddelde omstandigheden wordt deze mobiele fractie snel omgezet in anorganisch fosfaat. Na toediening in het najaar kan bij lage temperaturen en hoge neerslagoverschotten naar verwachting wél een grotere verplaatsing van de mobiele fosfaatfractie in de bodem optreden. Na toediening van bijvoorbeeld 125 kg P_2O_5 per ha (thans geldende fosfaatnorm voor bouwland) in de vorm van dunne mest kan bij een mobiele fosfaatfractie van 1 tot 4% maximaal 1,2 tot 5,0 kg P_2O_5 per ha uitspoelen. Dit is ongeveer 8 tot 33% van de maximaal toelaatbare waarde (tabel 1).

Het risico van kaliumuitspoeling kan bij najaarstoediening van dunne mest op lichte zandgronden, die minder goed in staat zijn om kalium vast te houden, sterk toenemen ten opzichte van voorjaarstoediening. Dit blijkt uit de resultaten van het genoemde lysimeterexperiment (tabel 3, rijen 3 en 5; Van Dijk, 1985). Hierbij was er echter wél sprake van een kaliumoverschot.
In een veldproef op een goed ontwaterde lemige zandgrond werd géén transport van kalium uit de bovenste 40 cm waargenomen (figuur 1). De kalium was afkomstig van dunne mest van rundvee (circa 325 kg K_2O per ha) die werd toegediend in november en januari. De uitspoeling van kalium (op 90 cm diepte) was door toediening van de mest in november en januari met respectievelijk 31 en 22 kg K_2O per ha niet significant hoger dan zonder toediening van dunne mest met

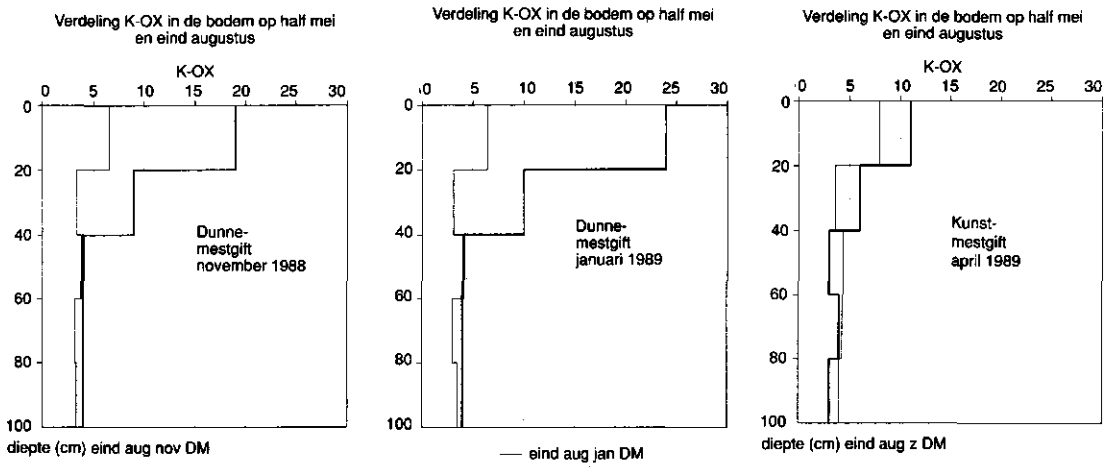


Fig. 1. Het effect van dunne-mestgift op 8-11-88 en 12-1-89 (circa 325 kg K_2O per ha) en kunstmestgift in april (330 K_2O per ha) op de K-OX[2] waarden in het bodemprofiel in half maart en na de aardappeloogst in eind augustus (Van Enckevort, ongepubliceerd). De K-OX-waarde wordt uitgedrukt in mg K_2O per 100 gram droge grond en kan worden beschouwd als een maat voor de hoeveelheid uitwisselbare en voor het gewas beschikbare kalium in de bodem. De hoeveelheid neerslag tussen de dunne-mestgift in november en januari en het tijdstip van bemonstering in maart was resp. 255 mm en 125 mm; gemiddeld voor Nederland in het tijdvak van 1951-1981 was dat resp. 264 mm en 107 mm.

30 kg K_2O per ha (LSD5%=16 kg/ha; Van Enckevort, ongepubliceerd). Er werden ook geen belangrijke verschillen gevonden in de uitwisselbare kaliumvoorraad na de aardappeloogst in eind augustus tussen de dunnemestbehandelingen en de behandeling waar in april 300 kg K_2O per ha als kunstmest was toegediend (figuur 1).

Hoewel het voor het milieu gunstig is om dierlijke mest in het voorjaar toe te dienen, kan dit een aantal praktische bezwaren opleveren; de berijdbaarheid van het land kan in het voorjaar slecht zijn, bij de teelt van aardappelen kan chloorschade optreden en de periode dat de mest kan worden uitgereden wordt kleiner, waardoor een grotere opslagduur en -capaciteit nodig is. De uitspoeling van voedingsstoffen die optreedt door toediening van dierlijke mest in het najaar, kan onder voorwaarden worden verminderd of voorkomen door de teelt van nagewassen en, wat betreft nitraat, door toevoeging van nitrificatieremstoffen. Deze mogelijkheden worden in de volgende twee paragrafen besproken. Een derde mogelijkheid, die niet ter sprake komt, is het onderwerken van dierlijke mest met stro (De la Lande Cremer, 1975). Door micro-organismen in de bodem kan per ton stro gemiddeld 7 kg stikstof worden vastgelegd. Dit betekent dat voor het vastleggen van de minerale stikstof uit 50 ton dunne mest (circa 125 kg ammoniumstikstof) ongeveer 18 ton stro nodig is.

5. Toepassing van nitrificatieremstoffen

Wanneer bij najaarstoediening van dierlijke mest, door toevoeging van een nitrificatieremstof, de omzetting van het hierin aanwezige ammonium naar nitraat gedurende de winter kan worden voorkomen, kan deze stikstof voor uitspoeling worden behoed.

In de loop der jaren zijn verschillende middelen voorgesteld als nitrificatieremstof. Het middel dicyaandiamide (DCD), verkrijgbaar onder de merknaam "Didin", lijkt het geschiktst (Van Enckevort, 1988 b, c, d). Het is een voor de mens niet-giftige vaste stof die in de dunne mest kan worden opgelost en in de bodem tenslotte geheel wordt afgebroken

tot koolzuur en ammonium (Amberger, 1986; opgave fabrikant). Van de andere middelen kan worden gezegd dat ze minder gunstige eigenschappen hebben of dat er nog onvoldoende kennis over bestaat.
De duur en intensiteit van de nitrificatieremmende werking van DCD worden, naast de dosering, met name bepaald door de bodemtemperatuur, neerslag, textuur, organische stof en de pH. Bij stijgende temperaturen neemt de afbraaksnelheid van DCD toe en daarmee de werking ervan af. DCD is in de bodem vrij mobiel, waardoor bij grote hoeveelheden neerslag een deel van het middel uit de bouwvoor, waar het zijn werking moet uitoefenen, kan verdwijnen.
Met name op grond hiervan wordt verwacht dat de werkingsduur van DCD onvoldoende zal zijn bij toepassing vóór oktober en waarschijnlijk onvoldoende betrouwbaar bij toepassing vóór november (Van Enckevort, 1988 a - d).
Naar aanleiding van de positieve onderzoeksresultaten met DCD in West-Duitsland (Amberger, 1986) is in Nederland vanaf 1982 een aantal experimenten verricht met DCD en dunne mest (De la Lande Cremer, 1986; Ten Holte, 1984; Titulaer, 1984; Wadman et al., 1989).
In figuur 2 is de nitrificatieremmende werking van DCD en het effect ervan op het neerwaartse transport van stikstof in de bodem zichtbaar. Na toediening van dunne mest van rundvee op zandbouwland medio december 1982 werd door gebruik van DCD zelfs in mei nog een verhoogde hoeveelheid ammonium aangetroffen (Ten Holte, 1984). In samenhang daarmee vond door DCD een verminderd neerwaarts stikstoftransport plaats. De maïsopbrengst werd door gebruik van DCD slechts weinig beïnvloed, omdat de beschikbare hoeveelheid stikstof vaak hoger was dan de gewasbehoefte, zodat er sprake was van een stikstofoverschot. In dat geval nam door gebruik van DCD het Nmin-gehalte van de bodem bij de maïsoogst toe.
In 18 éénjarige veldproeven met aardappelen op zand- en dalgronden in het noordoosten van Nederland werd na toediening van dunne mest van kippen in het najaar (eind november begin december; de mest werd oppervlakkig toegediend en meteen daarna ondergewerkt) door gebruik van 20 kg DCD per ha een verhoogd Nmin-gehalte aangetroffen van gemiddeld 41 kg N per ha (0-100 cm) in juni (Wadman et al., 1989). Op basis van het Nmin-gehalte van de bodem in juni werd een N-recovery van de mest berekend;

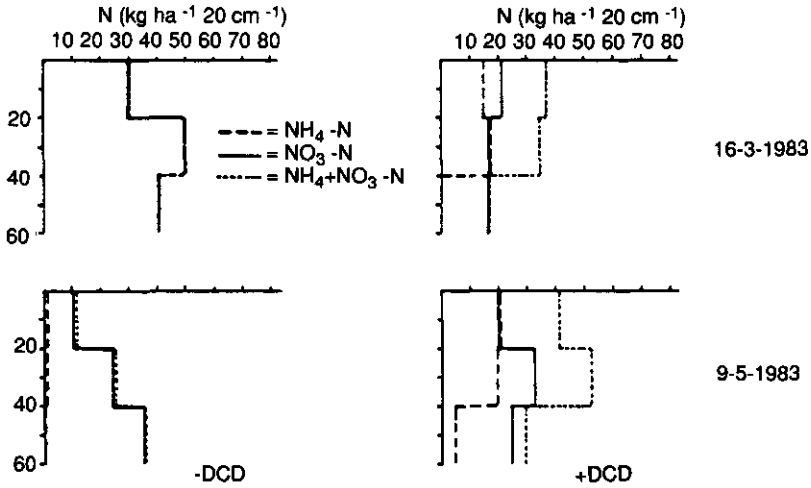


Fig. 2. Invloed van DCD (30 kg/ha) op de ammonium- en nitraatgehalten in de bodem na injectie van dunne mest van rundvee (138 kg N per ha) op 15-12-1982 op zandbouwland (Ten Holte, 1984).

hier gedefinieerd als het percentage van de toegediende dunne-meststikstof dat als Nmin werd aangetroffen. DCD verhoogde de N-recovery (gemiddeld over de proeven) significant van 47% naar 62%. Opmerkelijk was dat de N-recovery (gemiddeld 51%) van de in maart/april toegediende dunne mest lager was dan van de in het najaar toegediende dunne mest mét DCD. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat na voorjaarstoediening méér ammoniakvervluchtiging is opgetreden.

Er werd een nauwe relatie gevonden tussen het Nmin-gehalte van de bodem in juni en het Nmin-gehalte van de bodem bij de oogst (figuur 3). Een hoger Nmin-gehalte in juni leidde bij de teelt van aardappelen, ongeacht de dunne-mestbehandeling, tot een hoger Nmin-gehalte bij de oogst. Dit effect nam toe naarmate het Nmin-gehalte in juni hoger was. Maatregelen om stikstofverliezen uit dierlijke mest te verminderen zullen dus minder effect hebben wanneer daardoor een stikstofoverschot ontstaat. Dit betekent dat bij de bemesting rekening moet worden gehouden met de verhoogde stikstofwerking van de dierlijke mest. Anders kan een groot deel van de met DCD bespaarde stikstof in de daaropvolgende winter alsnog als nitraat uitspoelen.

Een vergelijkbaar effect van DCD op de N-recovery op basis van het Nmin-gehalte van de bodem (0-60 cm) in het voorjaar werd gevonden in een zestal veldproeven met suikerbieten en aardappelen op een zandgrond in Vredepeel (Limburg). Door gebruik van DCD (25 kg/ha) bij najaarstoediening van dunne mest van varkens (oppervlakkige toediening waarna meteen werd ondergewerkt) nam de N-recovery beduidend toe van gemiddeld 28% naar 49% (tabel 5).

Op lössgronden werden in Nederland minder goede resultaten met DCD gevonden (Titulaer, 1984; Van Enckevort en Titulaer, 1990).

Hoewel met deze proeven een goede indruk

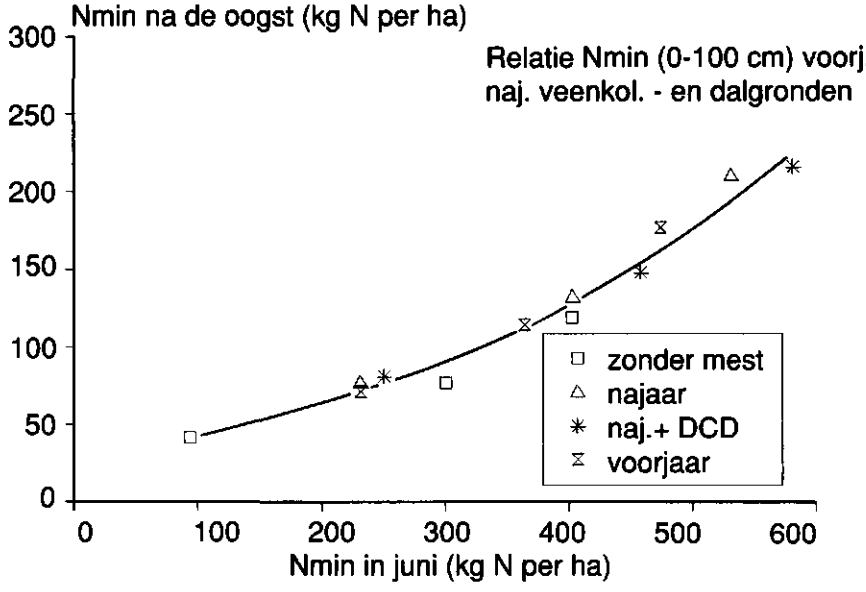


Fig. 3. Relatie tussen het Nmin-gehalte van de bodem (0-100 cm) in juni en bij de aardappeloogst (naar Wadman et al., 1989). De verschillende tekens representeren de gemiddelden van vier dunne-mestbehandelingen (zonder dunne mest, dunne mest-gift in het najaar zonder en met DCD en dunne-mestgift in het voorjaar) voor drie kunstmest-stikstofgiften (0, 180 en 300 kg N per ha).

Tabel 5. Het effect van het tijdstip van de dunne-mestgift en DCD-gebruik (25 kg/ha) op de Nmin-gehalten van de bodemlaag van 0-60 cm (N, kg/ha) en op het percentage van de toegediende dunne-mest- en DCD-N dat hierin als Nmin-N aanwezig was (N-recovery). Tussen haakjes staan de ammoniumgehalten. Gemiddelden van drie suikerbieten- en drie aardappelproeven in Vredepeel (Van Enckevort en Titulaer, 1990).

jaar	Nmin (N, kg/ha) in maart			N-recovery	
	zonder	najaar	naj.+DCD	najaar	naj.+DCD
1983	34(0)	69(0)	162(69)	11	36
1984	41(1)	141(20)	233(126)	27	48
1985	82(7)	235(28)	301(244)	47	63
Gemiddeld	53(3)	149(16)	232(146)	28	49
LSD(5%)*	54			18	

* Geldt voor de gemiddelde Nmin-gehalten van de drie jaren.

werd verkregen van het effect van DCD op de stikstofverliezen gedurende de winter en het effect van DCD op de waarde van de dierlijke mest als stikstofmeststof, zijn deze resultaten moeilijk te vertalen naar effecten van DCD op de nitraatuitspoeling, omdat stikstof in de bodem ook onderhevig is aan denitrificatie, immobilisatie, mineralisatie en vervluchtiging.

Er zijn nog weinig experimenten verricht waarin het effect van DCD op de nitraatuitspoeling direct is gemeten. Uit een experiment op een zandgrond in Wageningen, een experiment met een lössgrond in Duitsland en een experiment op een lemige zandgrond in Haren (tabel 6) blijkt dat door gebruik van DCD de nitraatuitspoeling die optreedt door toediening in het najaar aanzienlijk kan worden verminderd. Door het gebrek aan experimenteel materiaal hierover en de grote verschillen tussen de winters onderling qua temperatuur en neerslag, is het thans nog onvoldoende duidelijk in welke mate uitspoeling van nitraat door DCD kan worden beperkt en hoe betrouwbaar dit effect is. Hiernaar wordt momenteel door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid nader onderzoek verricht op een goed ontwaterde lemige zandgrond in Haren en een leemarme zandgrond in Jipsingboertange.

Het gebruik van nitrificatieremstoffen staat momenteel vooral in de belangstelling als mogelijkheid tot versoepeling van de uitrijregels voor dierlijke mest in het najaar en de winter, zoals die naar verwachting in de nabije toekomst zullen gaan gelden. Hiervoor is het niet alleen belangrijk te weten of het effect van DCD op de uitspoeling van nitraat voldoende is, maar ook of door het vroeger uitrijden van dunne mest in het najaar een andere vorm van milieubelasting dan nitraatuitspoeling kan toenemen.

Ammoniakvervluchtiging en afspoeling nemen naar verwachting niet toe wanneer de dunne mest wordt geïnjecteerd of meteen na oppervlakkige toediening wordt ondergewerkt. Uitspoeling van fosfaat en kalium kan op lichte zandgronden wel toenemen (zie par. 4). Als dit bezwaarlijk is dient hiermee rekening te worden gehouden.

6. Teelt van nagewassen

Wanneer het bouwland gedurende de herfst, winter en het vroege voorjaar begroeid wordt gelaten (nagewas, tussengewas, wintergewas, groenbemester, wintergraan) kunnen de voedingsstoffen die in het profiel aanwezig zijn en via de dunne mest worden toegediend in belangrijke mate voor uitspoeling worden behoed. Dit geldt vooral voor minerale stikstof (Hotsma, 1988; Landman, 1988). Door de teelt van een nagewas wordt de situatie enigszins vergelijkbaar met die van grasland; de opname van nutriënten en

Tabel 6. Het effect van DCD en een nagewas op de nitraatuitspoeling na toediening van dunne mest.

toedienings-tijdstip en grondsoort	dunne-mest-dosering (kg N per ha)	DCD (kg/ha) & nagewas	Nitraat-uitspoeling (kg N per ha)	% van toegediende dunne-mest-N t.o.v. geen bemesting
Zandgrond (1)				
--	0	0	73	-
15-10-85	122/241	0	137	34
15-10-85	120/243	25	108	19
16-12-85	90/180	0	97	15
16-12-85	85/179	25	63	-12
17-03-86	182/378	0	69	-1
17-03-86	180/378	15	72	0
Lössgrond (2)				
--	0	0	71 (332)*	-
05-08-82	200	koolzaad	50 (236)	-10
18-10-82	167	0	113	25
18-10-82	167	25	91	12
17-03-83	167	0	68	0
17-03-83	167	25	71	0
			LSD(5%)=18	
Zandgrond (3)				
--	0	0	76	-
08-11-88	272	0	88	4
08-11-88	298	30	59	-6
15-12-88	263	0	93	6
15-12-88	287	30	67	-3
12-01-89	278	0	62	-5
			LSD(5%)=32	
Zandgrond (4)				
--	0	-	69	-
Augustus	375	-	239 (550)*	45
Augustus	375	koolzaad	88 (520)	5
November	375-	-	148	21
			LSD(5%)=23	
Kleigrond (4)				
--	0	-	36	
Augustus	375-		156 (550)*	32
Augustus	375	koolzaad	50 (440)	4
November	375-	150	30	
			LSD(5%)=21	

1. Experiment in Wageningen (gemiddelde waarden van twee dunne-mestdoseringen; Van den Toorn en Pankow, 1987).
2. Lysimeterexperiment in het Zuiden van West-Duitsland (Gutser en Amberger, 1984).
3. Experiment in Haren (Van Enckevort, ongepubliceerd).
4. Lysimeterexperiment in Zweden (Bertilsson, 1988). Het neerslagoverschot gedurende het winterhalfjaar van 1982/83 was uitzonderlijk hoog.

* Hoeveelheid percolatiewater in de periode van december 1982 tot juni 1983 voor het experiment in Duitsland en in de periode van eind augustus 1982 tot eind mei 1983 voor het experiment in Zweden.

sommige gevallen mogelijk ook uitspoeling van (organisch) fosfaat.
Voor de praktijk kan het vaak aantrekkelijker zijn om de dunne mest in plaats van in het voorjaar in het najaar toe te dienen. De uitspoeling van voedingsstoffen die optreedt door toediening van dierlijke mest in het najaar, kan worden verminderd of voorkomen door de teelt van nagewassen en, wat betreft nitraat, door toevoeging van nitrificatieremstoffen.
De nitrificatieremstof DCD blijkt na toediening van dierlijke mest in het najaar het verlies aan stikstof gedurende het winterhalfjaar aanzienlijk te kunnen verminderen en daarmee de stikstofbemestende werking van de mest te kunnen verhogen. Dit geldt voor toediening na oktober en vooral voor goed ontwaterde zandgronden. Momenteel is nog onvoldoende zekerheid over het effect van DCD op de nitraatuitspoeling, omdat er nog weinig experimenten zijn verricht waarbij het effect ervan op de nitraatuitspoeling direct is bepaald.
In hoeverre door gebruik van nitrificatieremstoffen een versoepeling van de uitrijdregels voor dierlijke mest, die naar verwachting in de nabije toekomst zullen gaan gelden, mogelijk is wordt niet alleen bepaald door het effect van DCD op de nitraatuitspoeling maar, ook door het risico van uitspoeling van organisch fosfaat en kalium op lichte zandgronden. Ook over dit laatste punt lijkt nog onvoldoende duidelijkheid te bestaan.
Door de teelt van nagewassen blijkt het onder gemiddelde weersomstandigheden mogelijk te zijn om het uitspoelingsverlies van stikstof te beperken afkomstig van niet te hoge dunne-mestgiften (kleiner dan circa 200 kg N per ha) in de herfst, mits de gewassen vóór september worden ingezaaid. Bij een latere inzaai wordt dit effect kleiner en minder zeker. De gewassen gele mosterd, bladrammenas, stoppelknol en rogge lijken hiervoor het geschiktst.

Literatuur

Amberger, A., 1986. Potentials of nitrification inhibitors in modern N-fertilizer management. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 149: 469-484.

Anon., 1986a. Adviesbasis voor de bemesting van bouwland. Consulentschap voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de Akker- en Tuinbouw, Wageningen, 28 pp.

Anon., 1986b. Advies beperking uitrijperiode dierlijke meststoffen. Rapport in opdracht van Ministerie L&V en VROM, Wageningen, 94 pp.

Anon., 1987a. Adviesbasis voor de bemesting van grasland en veevoedergewassen. Consulentschap voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de Veehouderij, Wageningen, 56 pp.

Anon., 1987b. Mestwetgeving. Ministerie van Landbouw en Visserij, 48 pp. Anon., 1988. Handboek voor de rundveehouderij. Vijfde herziene druk. Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad, 376 pp.

Bertilsson, G., 1988. Lysimeter studies of nitrogen leaching and nitrogen balances as affected by agricultural practices. Acta Agriculturae Scandinavica, 38, 3-11.

Breeuwsma, A., 1984. De fosfaathuishouding van zandgronden en de relatie tot de waterkwaliteit. PAO-cursus Waterkwaliteit Landelijk Gebied, Aspecten van kwaliteitsbeheer. Landbouwhogeschool, Wageningen.

Breeuwsma, A., 1985. Kleimineralogische en chemische karakteristieken van zeeklei, rivierklei en beekklei. Stichting voor Bodemkartering, Rapport 1869, 34 pp.

Dijk, T.A. van, 1985. De uitspoeling van mineralen op bouwland waaraan jaarlijks drijfmest is toegediend. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid Rapp. 2-85, 61 pp.

Dijk, T.A. van en H. Sturm, 1983. Fertilizer value of animal manures on the continent. The Fertilizer Society, London. Proceedings 220, 45 pp.

EEG, 1980. Richtlijnen van de raad van 15 juli 1980 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water. Publicatieblad Europese Gemeenschap nr. L229/11.

Elers, B., A. van Brandis, H.C. Scharpf und H.D. Hartmann, 1987. Winterbegrünung auf abgeern-

teten Gemüseflächen. Gemüse 6: 290-292.

Enckevort, P. van, 1988a. Nitrificatieremmers en nitraatuitspoeling bij toediening van dierlijke mest. I. De stikstofhuishouding van de bodem en mogelijkheden van nitrificatieremmers ter beperking van nitraatuitspoeling. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren, Nota 191, 40 pp.

Enckevort, P. van, 1988b. II. Werking en gedrag van nitrificatieremmers in de grond. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren, Nota 192, 49 pp.

Enckevort, P. van, 1988c. III. Werking van nitrificatieremmers en hun effect op de N-huishouding van de bodem. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren, Nota 193, 58 pp.

Enckevort, P. van, 1988d. IV. Samenvatting delen I, II en III en aanbevelingen voor verder onderzoek. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren, Nota 194, 19 pp.

Enckevort, P. van en H.H.H. Titulaer, 1990. Veldexperimenten met de nitrificatieremstof DCD en dunne mest verricht door het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond en het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid in de periode van 1983 tot en met 1986. PAGV-verslag en IB-nota (in voorbereiding).

Gerritse, R.G., 1978. Mobility of organic phosphorus compounds from pig slurry in the soil. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren, Rapport 10-78, 20 pp.

Gutser, R. und A. Amberger, 1984. Nitratauswaschung nach Gülledüngung mit Didinzusatz. Landwirtsch. Forsch., Kongressband 96: 137-145.

Henkens, Ch.H., 1976. Voedingsstoffen- of mineralenbalansen. Stikstof 7/83-84, 355-362.

Holte, L. ten, 1984. Gülleanwendung mit Nitrificationshemmern: Einfluss auf N-gehalt des Bodens und Ertrag von Silomais. In: Symposium Nitrificationshemmstoffe, Weihenstephan. VDLU-FA-Schriftenreihe, Heft 11. 290-304.

Hotsma, P.H., 1988. Kunnen groenbemestingsgewassen de nitraatuitspoeling verminderen? Ad Fundum 6: 1-15.

Huijsmans, J.F.M. en G.J.M. van Dongen, 1990. Toedieningstechnieken. PAGV themaboekje, nr. 10.

Lammers, H.W., 1984. Een berekende stikstofwerkingscoëfficiënt voor diverse dierlijke organische mestsoorten. De Buffer 30: 169-197.

Lande Cremer, L.C.N. de la, 1975. Gevolgen van de vertering van stro voor het gebruik als organisch bodemverbeterend middel. Landbouwkundig Tijdschrift, 87-5: 116-120

Lande Cremer, L.C.N. de la, 1986. Preliminary results with the nitrification inhibitor dicyandiamide (dcd) in the Netherlands. In: A. Dam Kofoed, J.H. Wiliams and P l'Hermite (eds). Efficient land use of sludge and manure. Elsevier, London. 7-13.

Landman, A., 1988. Geschiktheid van groenbemesters voor N-conservering na drijfmestaanwending. Ad Fundum 6: 16-24.

Landman, A., 1990. Use of green manures to prevent nitrate leaching after slurry spreading. In: Fertilization and Environment, August 1989, Leuven (in druk).

Landman, A. en H.H.H. Titulaer, 1990. Bemestende waarde van dierlijke mest. PAGV themaboekje, nr. 10.

Neeteson, J.J. and P.A.I. Ehlert, 1989. Environmental aspects of applying inorganic fertilizers to sugar beet. In: Proceedings 52 Winter Congress. International Institute for Sugar Beet Research, Brussels, 79-91.

Neeteson, J.J., K. Dilz and G. Wijnen, 1989. N-fertilizer recommendations for arable crops. In: J.C. German (ed). Management systems to reduce impact of nitrates. London: Elsevier Applied Science, 253-263.

Oosterom, H.P. en J.H.A.M. Steenvoorden, 1984. Drijfmestgiften op snijmaïspercelen (zandgrond) en de uitspoelingsverliezen naar het grondwater. Inst. voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Nota 1499, 26 pp.

Prins, W.P., K. Dilz and J.J. Neeteson, 1988. Current recommendations for nitrogen fertilisation within the E.E.G. in relation to nitrate leaching. Proceedings No. 276, The Fertiliser Society, London, 27 pp.

Schröder, J.J., 1990. Maïs en mest: Van toleran-

tie naar benutting. PAGV themaboekje, nr. 10.

Sluijsmans, C.M.J. and G.J. Kolenbrander, 1977. The significance of animal manure as a source of nitrogen in soils. Proc. Int. Sem. Soil Environ and Fert. Manag. in Intens. Agriculture, Tokyo-Japan, pp. 403-411.

Steffens, G. von und H. Vetter, 1983. Stickstoffverlagerung nach Gülledünung mit und ohne Zwischenfruchtanbau. Landwirtsch. Forsch., Sonderh. 40, 354-362.

Titulaer, H.H.H, 1984. Erfahrungen mit DIDIN zu Gülle in den Niederlanden. In: Symposium Nitrificationshemmstoffe, Weihenstephan. VDLUFA-Schriftenreihe, Heft 11. 271-289.

Toorn, A. van den en J. Pankow, 1987. Invloed van nitrificatieremmers bij bouwland op zandgrond op de kwaliteit van het grondwater, Droevendaal, 1985/'86. ICW-nota 1765. 13 pp.

Vetter, H. and G. Steffens, 1981. Leaching of nitrogen after spreading of slurry. In: J.C. Brogan. Nitrogen losses and surface runoff from landspreading of manures. Martinus Nijhoff, The Hague, pp. 85-97.

Vriesema, R. en Gerritse, R.G., 1983. Gehalten aan organisch en anorganisch fosfaat in drijfmesten. Bedrijfsontwikkeling, 14, 49-50.

Wadman, W.P. and P.A.I. Ehlert, 1989. Environmental aspects of organic manures in sugarbeet production. In: Proceedings 52nd Winter Congress. International Institute for Sugar Beet Research, Brussels, 93-101.

Wadman, W.P., J.J. Neeteson and G. Wijnen, 1989. Effects of slurry with and without the nitrification inhibitor dicyandiamide on soil mineral nitrogen and nitrogen response of potatoes. In Aa. Hansen and K. Hendriksen (eds.), Nitrogen in organic wastes applied to soils. Acad. Press, London, pp. 304-314

Wadman, W.P., C.M.J. Sluijsmans and L.C.N. de la Lande Cremer, 1987. Value of animal manures: changes in perception. In: H.G. van der Meer, R.J. Unwin, T.A. van Dijk and G.C. Ennik (eds.), Animal manure on grassland and fodder crops. Fertilizer or waste? Developments in plant and soil sciences, vol. 30, 1-16. Nijhoff, Dordrecht.

Wesseling, J., 1976. Gevolgen van drinkwaterontrekking voor de landbouw. H_2O, 9(14), 3-7.

Een risico-analyse voor de verspreiding van onkruiden en planteziekten met dierlijke mest

A.G. Elema (PAGV) en P.C. Scheepens (CABO)

1. Probleem en doel

In de intensieve veehouderij wordt regionaal meer mest geproduceerd dan op verantwoorde wijze in de directe omgeving kan worden afgezet. Het overschotprobleem zou tenminste voor een gedeelte kunnen worden opgelost door betere benutting van mest voor de groei van gewassen in akker- en tuinbouwgebieden. De mogelijke aanwezigheid van onkruidzaden of planteziekteverwekkers in dierlijke mest vormt echter een beperking voor de acceptatie van mest door telers. Wanneer tegelijk met mest onkruiden of planteziekten worden verspreid, kunnen economische verliezen ontstaan of worden vergroot. Om dit probleem op te lossen moeten telers de garantie hebben dat het risico geen onaanvaardbaar niveau bereikt. Het doel van dit onderzoek is het zo goed mogelijk schatten van de grootte van het verspreidingsrisico en aan te geven op welke wijze het risico kan worden gereduceerd. Het onderzoek wordt uitgevoerd door het CABO en IPO te Wageningen en het PAGV in Lelystad. De risico-analyse zal eind 1990 worden afgerond.

2. Risico-schatting

Risico is het produkt van kans dat besmetting van bouwland optreedt als gevolg van het uitrijden van mest en de omvang van de gevolgen. Het is een potentieel economische verlies. De kans op besmetting is nauwelijks empirisch vast te stellen door analyse van mestmonsters op aantallen onkruidzaden of ziekteverwekkers. Met name de detectie van planteziekteverwekkers in mest is niet eenvoudig en tijdrovend. Een bruikbare betrouwbare toetsmethode om mestmonsters snel te onderzoeken op onkruidzaden en plantpathogenen is er niet. Een incident (gebeurtenis die risico inhoudt) wordt daarom beschreven als een procesketen die begint met ruwvoer en grondstoffen voor mengvoer (fig. 1), omdat daarin kiemkrachtige onkruidzaden of vitale planteziekteverwekkers zijn aan te tonen. De ruwvoeders en de grondstoffen voor de mengvoerindustrie kunnen een bewerking ondergaan. Ruwvoeders als snijmais en gras kunnen bijvoorbeeld worden geconserveerd in een mais- of graskuil. De grondstoffen voor de mengvoeders ondergaan bewerkingen tijdens de mengvoerbereiding. Het veevoer zal het spijsverteringskanaal van een dier passeren, maar een klein gedeelte zal via voerresten of aanhangende grond rechtstreeks in de mest terechtkomen. De mest blijft enige tijd in een mestkelder of -opslag, maar kan ook worden bewerkt in mestverwerkingsfabrieken voordat het naar een akker- of tuinbouwbedrijf gaat. Bij elke processtap zal het aantal levende organismen afnemen. Onkruiden en planteziekten kunnen ook op andere wijze dan via dierlijke mest op een bedrijf of perceel terechtkomen. Er is daarom sprake van een toegevoegd risico (toegevoegd aan een bestaand risico).

Voor de meeste onkruidsoorten is het toegevoegde risico verwaarloosbaar klein, omdat ze reeds vrij algemeen in de akkerbouwgebieden voorkomen en de extra aantallen met de gebruikelijke methoden en middelen zonder extra kosten goed beheersbaar zijn. Het onderzoek is dan ook gericht op een beperkt aantal onkruidsoorten die niet algemeen voorkomen, en waarvan beheersing (of pleksgewijze uitroeiing) extra kosten met

Fig. 1. Procesketen die kan leiden tot verspreiding van onkruiden of planteziekten met dierlijke mest.

zich mee kan brengen. Dit zijn met name enkele onkruidsoorten die in snijmaïs veel voorkomen. Snijmaïs neemt een belangrijke plaats in bij de ruwvoedervoorziening. Door de teeltwijze van dit gewas en wijze van onkruidbestrijding (vrijwel elk jaar hetzelfde herbicide op hetzelfde perceel) hebben sommige onkruidsoorten, bijvoorbeeld hanepoot, melganzevoet en zwarte nachtschade, zich kunnen uitbreiden. Van beide laatstgenoemde soorten zijn populaties vaak resistent tegen herbiciden. Snijmaïs valt ook onder de gewassen die mogen worden geteeld op met knolcyperus besmette percelen. Verder zijn twee onkruidsoorten in het onderzoek betrokken die mogelijk via geïmporteerde grondstoffen in mest terechtkomen en in het buitenland als economisch belangrijke onkruiden gelden: fluweelblad en papegaaiekruid.

Ook bij de planteziekten is het onderzoek gericht op enkele ziekten, die beperkt voorkomen in Nederland en die na introductie op onbesmette bedrijven grote schade kunnen veroorzaken: o.a. rhizomanie, aardappelmoeheid, gangreen, zwartbenigheid en stengelnatrot. De veroorzakers van deze ziekten zijn vrij specifiek. Ze zullen vooral aanwezig zijn op plantedelen van de gewassen waarin schade wordt gevreesd: met name aardappel en biet. Ze kunnen evenwel ook in aanhangende grond van andere gewassen aanwezig zijn.

Het risico wordt apart geanalyseerd voor

mest van de verschillende landbouwhuisdieren: rundvee, varkens en pluimvee. Dit onderscheid lijkt zinvol gezien de verschillen in voederpatronen tussen deze groepen dieren. Ook aanbod en vraag van de verschillende soorten mengmest verschillen sterk.

3. Resultaten en discussie

Allereerst is geïnventariseerd welke (grondstoffen van) veevoerprodukten genoemde schadelijke organismen kunnen bevatten. Alleen voor onkruiden kan worden vastgesteld welke aantallen in een bepaald veevoergewas (snijmaïs) aanwezig kunnen zijn. Vervolgens is voor de afzonderlijke processtappen van figuur 1 nagegaan, hetzij door literatuuronderzoek, hetzij experimenteel, hoe groot de kans op overleving is. Door het combineren van gegevens van de afzonderlijke processtappen kan dan de kans op besmetting van bouwland worden berekend. De berekende waarden gelden onder bepaalde, goed gedefinieerde omstandigheden.
In dit overzicht wordt aangegeven hoe de besmetttingskans met onkruiden afkomstig van snijmaïs wordt berekend. De uitkomsten hebben nog een voorlopig karakter, omdat nog niet alle meetgegevens zijn verwerkt. Ook alle gegevens van de ziekteverwekkers zijn nog niet uitgewerkt. We weten nu nog niet of er onder bepaalde omstandigheden een reële kans op besmetting van bouwland is.

3.1 Ruwvoer en grondstoffen voor mengvoer

Ruwvoer
Het grootste gedeelte van het ruwvoer bestaat uit grasprodukten (vers weidegras, kuilgras, hooi). Daarnaast heeft snijmaïs een belangrijke plaats gekregen bij de ruwvoedervoorziening. Omdat met name snijmaïs voor de akkerbouw schadelijke onkruidzaden kan bevatten, was het onderzoek vooral gericht op dit gewas. Om in te schatten hoeveel onkruidzaden met snijmaïs worden meegeoogst, werden in 1988 en 1989 in gebieden met intensieve veehouderij (o.a. Noord-Brabant, de Achterhoek, de Veluwe) maïsmonsters uit maïskuilen genomen. In de maïsmonsters van 1988 werden voornamelijk zaden van melganzevoet, zwarte nachtschade en hanepoot gevonden. In tabel 1 is weergegeven in welk aantal van de 41 maïsmonsters een bepaald aantal zaden van de betreffende onkruidsoort werd gevonden. In 1988 werden bijvoorbeeld in 8 van de 41 maïsmonsters geen zaden van melganzevoet gevonden, in 27 monsters 1-10 zaden/kg snijmaïs, in 5 monsters 11-100 zaden/kg en in 1 maïsmonsters werden meer dan 100 melganzevoetzaden per/kg snijmaïs aangetroffen. In totaal waren er 2 maïsmonsters waarin geen onkruidzaden werden gevonden. Eén van de percelen was sterk besmet met knolcyperus. In het onderzochte monster werden echter geen knolletjes aangetroffen. Na kieming van de zaden werden resistente planten van zwarte nacht-

Tabel 1. Aantal maïsmonsters in 1988 met zaden van diverse onkruiden.

aantal zaden per kg maïs (versgewicht)	aantal maïsmonsters met zaden van de onkruidsoort: melganzevoet	zwarte nachtschade	hanepoot	andere soorten	totaal
0	8	15	25	20	2
1 - 10	27	20	15	20	25
11 - 100	5	3	1	1	10
> 100	1	3	0	0	4
totaal	41	41	41	41	41

schade en melganzevoet gevonden in 75 respectievelijk 40% van de monsters waarin deze zaden voorkwamen.
De overige ruwvoeders zijn onbewerkte produkten als aardappelen en stoppelgewassen of bewerkte produkten als natte aardappelvezels, een bijprodukt van de aardappelmeelbereiding, en perpsulp, een bijprodukt van de suikerbereiding. Vooral onbewerkte ruwvoeders kunnen een bron van besmetting van mest met ziekteverwekkers zijn. Voeraardappelen kunnen geïnfecteerd zijn met de veroorzakers van bijvoorbeeld aardappelmoeheid, gangreen, zwartbenigheid of stengelnatrot. Met name bij schimmel-, bacterie- en virusziekten is het moeilijk om te kwantificeren hoeveel ziekteverwekker in een ruwvoeder aanwezig is.

Grondstoffen voor mengvoer
De Nederlandse mengvoerindustrie heeft zich sterk georiënteerd op buitenlandse grondstoffen. Omdat de relevante ziekteverwekkers sterk teeltgebonden zijn, is het niet erg waarschijnlijk dat ze in grondstoffen voor mengvoer aanwezig zijn. De meeste onkruiden waarvan zaden in grondstoffen aanwezig kunnen zijn, zullen zich onder Nederlandse omstandigheden moeilijk kunnen handhaven; zij zijn aangepast aan een warmer klimaat. Van enkele soorten is echter bekend, dat ze zich langzaam naar (relatief) koudere gebieden uitbreiden. Dit geldt met name voor papegaaikruid en fluweelblad, waarvan reeds beperkte aantallen planten in Nederland voorkomen. In enkele grondstoffen (onbewerkte sojaprodukten) hebben we zaden van fluweelblad aangetroffen.

3.2 Bewerking van ruwvoer en grondstoffen voor mengvoer

Ruwvoer
Snijmaïs wordt vrijwel uitsluitend als ingekuild produkt gevoerd. Tijdens het silageproces van snijmaïs wordt de vitaliteit van zaden beïnvloed. Er is nagegaan hoe lang knolletjes van knolcyperus en zaden van o.a. melganzevoet, zwarte nachtschade en hanepoot in een snijmaïskuil blijven leven (Schokker, 1988). Voor een goede conservering worden de meeste kuilen 4 tot 6 weken luchtdicht afgesloten. In figuur 2 is te zien

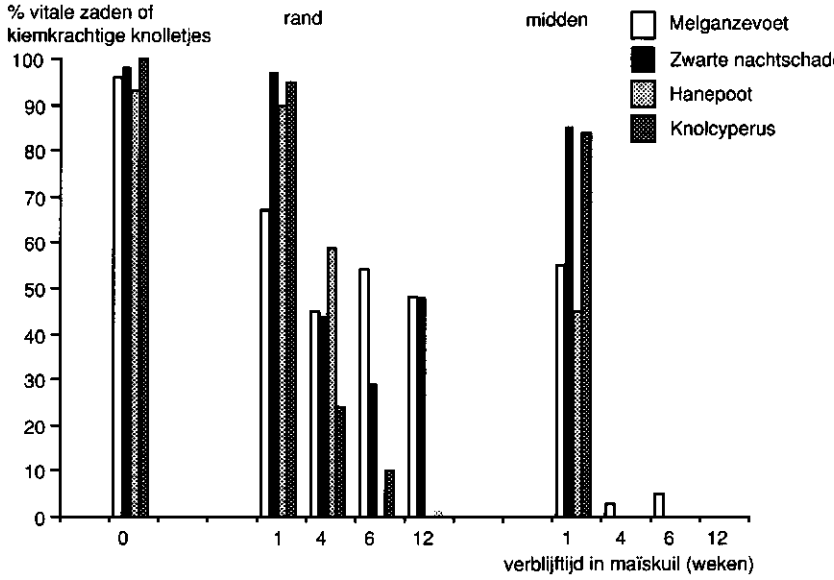


Fig. 2. Percentage vitale zaden van melganzevoet, zwarte nachtschade en hanepoot en kiemkrachtige knolletjes van knolcyperus na 1, 4, 6 en 12 weken in de rand en in het midden van een snijmaïskuil (Schokker, 1988).

dat na die tijd bovenin de kuil nog levende knolletjes van knolcyperus en vitale zaden van melganzevoet en zwarte nachtschade aanwezig waren. Zaden van hanepoot waren na 6 weken dood. Middenin de kuil waren knolletjes van knolcyperus en zaden van zwarte nachtschade en hanepoot na 4 weken dood. Enkele zaden van melganzevoet waren na 6 weken middenin de kuil nog vitaal, na 12 weken waren ze allemaal dood.

Mengvoer
Ongeacht de vorm van de grondstoffen wordt elk mengvoeder in eerste instantie bereid als meel. De grondstoffen ondergaan een maalproces. Het korrelen en persen is een proces dat na de meelbereiding als extra bewerking kan plaatshebben. De kans dat in mengvoeders schadelijke onkruidzaden of ziekteverwekkers zitten, is hierdoor gering. In de varkens- en pluimveehouderij worden voornamelijk mengvoeders gebruikt. Mest van varkens en kippen zal daarom minder gevaar voor de verspreiding van onkruiden en planteziekten met zich meebrengen dan rundermengmest, want in de rundveehouderij worden veel (onbewerkte) ruwvoeders gebruikt.

3.3 Passage spijsverteringskanaal

Uit de literatuur is bekend dat een deel van de zaden van veel onkruidsoorten (o.a. melganzevoet, papegaaiekruid, wilde haver, akkerwinde, schapezuring) de passage van het spijsverteringskanaal van een koe of een varken kunnen overleven (Atkeson et al., 1934; Harmon & Keim, 1934). Bij hanepoot bleek van het oorspronkelijk aantal toegediende zaden aan een koe 6% te kunnen kiemen (Schröder & Baart, 1982). Na passage van het spijsverteringskanaal van een koe of een varken was 22% respectievelijk 21% van de zaden van akkerwinde en 0,3% respectievelijk 0% van de zaden van ridderzuring nog kiemkrachtig (Harmon & Keim, 1934). Cooper et al. (1960) vonden in mest van kippen, gevoerd met zaden van diverse onkruidsoorten, geen zaden terug.

In mest van koeien, gevoerd met door gangreen aangetaste aardappels, kon *Phoma exigua var. foveata* worden aangetoond (Turkensteen, 1981). Heijbroek (1988) toonde in voederproeven met zwaar besmette suikerbietestaartjes aan dat cystosoren van *Polymyxa betae* (schimmel, die het rhizomanievirus overbrengt) en in mindere mate het bieterhizomanievirus het maagdarmkanaal van schapen konden passeren. Kuiper (1977) diende cysten van het gele aardappelcysteaaltje *Globodera rostochiensis* toe aan een koe, een varken en een schaap. Na passage van het maag-darmkanaal van deze diersoorten was *G. rostochiensis* niet meer infectieus. Kontaxis et al. (1976) vonden dat cysten van het witte bietecysteaaltje *Heterodera schachtii* de passage van het spijsverteringskanaal van een koe konden overleven. Het noordelijk wortelknobbelaaltje *Meloidogyne hapla* en *Verticillium dahliae* (schimmel, die verwelkingsziekte veroorzaakt) overleefden echter de maag-darmpassage door een koe niet (Faulkner et al., 1965).
Bij het inschatten van risico's moet er echter van worden uitgegaan dat een deel van de onkruidzaden en ziekteverwekkers via voerresten of aanhangende grond rechtstreeks in de mest terechtkomt.

3.4 Mestopslag

De overlevingsduur van knolletjes van knolcyperus en zaden van diverse onkruidsoorten werd in rundermengmest bij verschillende mesttemperaturen bepaald (Schokker, 1988). Voor melganzevoet, zwarte nachtschade, hanepoot en knolcyperus zijn de resultaten voor twee mesttemperaturen weergegeven in figuur 3. Bij 4°C bleven relatief veel zaden van melganzevoet en zwarte nachtschade 16 weken of langer vitaal. Het aantal vitale zaden van hanepoot was na 8 weken sterk afgenomen en na 16 weken waren geen vitale zaden meer aanwezig. Na 4 weken werden geen kiemkrachtige knolletjes van knolcyperus meer aangetroffen. Bij hogere mesttemperaturen waren de zaden en

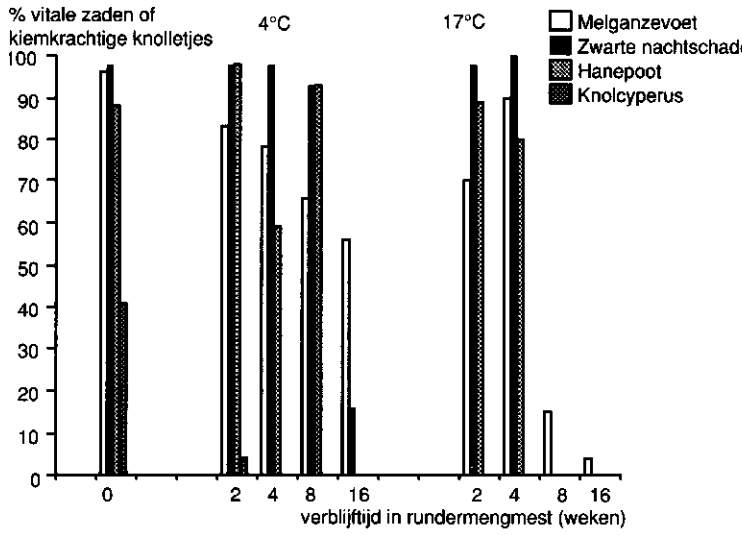


Fig. 3. Percentage vitale zaden van melganzevoet, zwarte nachtschade en hanepoot en kiemkrachtige knolletjes van knolcyperus na 2, 4, 8 en 16 weken in rundermengmest met een temperatuur van 4 of 17°C (Schokker, 1988).

knolletjes eerder dood. Bij een mesttemperatuur van 17°C waren na 2 weken geen levende knolletjes van knolcyperus meer aanwezig en na 4 weken waren zaden van zwarte nachtschade en hanepoot bijna allemaal dood. Schokker (1988) concludeert dat door opslag van mest gedurende ca 4 maanden (met name tijdens de zomermaanden) het risico van verspreiding van onkruidzaden met rundermengmest sterk wordt gereduceerd. Ook volgens Rieder (1966) zal rundermengmest na een bewaarperiode van 3-4 maanden geen of uiterst geringe hoeveelheden kiemkrachtige onkruidzaden bevatten. In zijn onderzoek waren zaden van kleefkruid en vogelmuur na 10-30 dagen niet meer vitaal. Zaden van duist, wilde haver, zwaluwtong en perzikkruid waren na 40 dagen nog niet allemaal dood.

De overlevingsduur van zaden in mest wordt ook beïnvloed door de samenstelling van de mest en de mestsoort. Gedurende de opslag van rundermengmest treedt er ontmenging op, waardoor een drijflaag op de vloeistof ontstaat. Uit ons onderzoek bleek dat het aantal vitale zaden van hanepoot in goed gemengde rundermengmest sneller afnam dan in de drijflaag van rundermengmest. Rieder (1966) steldè ook vast dat onkruidzaden in de relatief droge drijflaag langer bleven leven dan in de meer vloeibare mest. Regelmatig roeren van rundermengmest bij langdurige opslag zal het risico van overleving van onkruidzaden in een drijflaag verkleinen.

Naast de samenstelling van de mengmest, speelt de mestsoort (van de verschillende landbouwhuisdieren) een belangrijke rol. Het bleek dat zaden van hanepoot en zwarte nachtschade in varkensmengmest sneller werden gedood dan in rundermengmest. Na 4-6 weken waren in varkensmengmest geen vitale zaden van deze onkruidsoorten meer aanwezig, terwijl in rundermengmest na 8 weken nog levende zaden werden aangetroffen. Ook Besson et al. (1983) vonden dat de kiemkracht van zaden van hanepoot in varkensmengmest sneller afnam dan in rundermengmest. Het risico van verspreiding van onkruidzaden zal daarom bij varkensmengmest kleiner zijn dan bij rundermengmest.

Ook planteziekteverwekkers werden naarmate de mesttemperatuur hoger was, eerder

gedood. Bij een mesttemperatuur van 5°C waren na 8 weken bijna alle cysten van het aardappelcysteaaltje *G. rostochiensis* dood, bij 18°C was dit na 2 weken het geval. Een overlevingsduur van twee weken bij 15°C in rundermengmest komt overeen met resultaten van Rothuis (1984). In zijn onderzoek was de vitaliteit en het infectievermogen van *G. rostochiensis* al aanzienlijk gedaald na een verblijf van een week in rundermengmest en na 2 weken waren de aardappelcysteaaltjes dood.
P. exigua var. foveata kon, nadat met gangreen besmette aardappeldelen in rundermengmest met verschillende temperaturen waren gebracht, bij een mesttemperatuur van 12 en 17°C na een week bijna niet meer in het aardappelweefsel worden gedetecteerd. Bij 4°C was dit na 3 weken het geval. *Erwinia carorovora subsp.atroseptica* en *Erwinia chrysanthemi* (veroorzakers van zwartbenigheid respectievelijk stengelnatrot bij aardappel) konden enige tijd in aardappeldelen in rundermengmest blijven leven. Bij 4°C was het aantal bacteriën na ongeveer 8 weken tot 10% van het oorspronkelijke aantal gereduceerd en na 15 weken tot 1%. Bij 15°C werd aanvankelijk een stijging van het aantal bacteriën in het aardappelweefsel waargenomen, maar daarna werden de bacteriën naarmate de mesttemperatuur hoger was, eerder gedood (fig 4). Na verwijdering van geïnfecteerde aardappeldelen uit de mest was *E. chrysanthemi* na korte tijd nauwelijks meer te detecteren in de mest, terwijl *E. carotovora subsp. atroseptica* nog geruime tijd (meer dan 10 weken) aantoonbaar bleef. Hillmann (1984) vond dat het rhizomanievirus BNYVV minstens 3 weken in rundermengmest kon blijven leven. Ons onderzoek naar de overlevingsduur van het rhizomanievirus in rundermengmest bij verschillende temperaturen is nog niet geëindigd, maar uit voorlopige resultaten blijkt dat het virus minstens 10 weken in deze mest kan blijven leven.

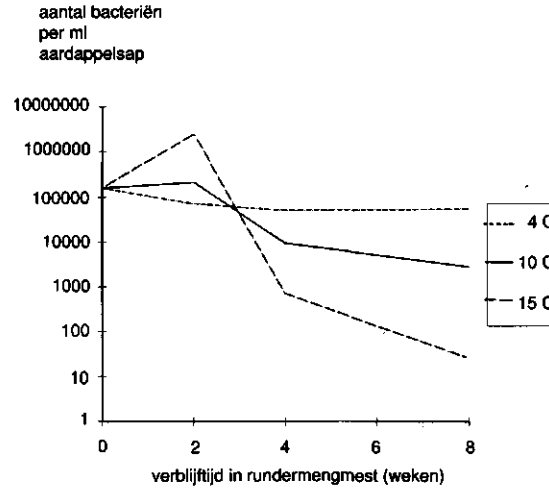


Fig. 4. Overlevingsduur van *Erwinia carotovora subsp. atroseptica* in rundermengmest met een temperatuur van 4, 10 of 15°C.

3.5 Mestverwerking

Bij mestverwerking kan de vitaliteit van onkruidzaden en ziekteverwekkers worden beïnvloed. Hansen & Hansen (1987) onderzochten de invloed van anaerobe vergisting (bij 35°C) van rundermengmest op de overleving van zaden van wilde haver, zwarte nachtschade, kleine brandnetel en melganzevoet. Na een vergistingsperiode van 4,5 dag waren geen kiemkrachtige zaden van wilde haver meer aanwezig. Zaden van zwarte nachtschade en kleine brandnetel waren na 1,5 week dood. Na 3 weken was nog 5% van de melganzevoetzaden in leven, na 6,5 week waren alle zaden dood. Besson et al. (1983) bestudeerden de invloed van anaerobe vergisting van zowel rundermengmest als varkensmengmest op de kiemkracht van zaden van hanepoot en ridderzuring. In vergiste rundermengmest waren na 3 weken geen kiemkrachtige zaden van ridderzuring meer aanwezig en zaden van hanepoot waren na 2 weken dood. Bij vergisting van varkensmengmest werden de zaden van beide soorten sneller gedood dan bij vergisting van rundermengmest. Turner et al. (1983) onderzochten het effect

van anaerobe vergisting op de overleving van drie planteziekteverwekkers (*Fusarium oxysporum*, *Corynebacterium michiganense* en *Globodera pallida*) in installaties, waarin voornamelijk plantaardig materiaal werd vergist. Na een vergisting (bij ca 35°C) gedurende 10 dagen werden geen levende plantpathogenen meer gedetecteerd.
Naast vergisting zijn er nog andere processen (bijvoorbeeld drogen en persen) tijdens mestverwerking, die de vitaliteit van onkruidzaden en ziekteverwekkers kunnen reduceren. Uit oriënterend onderzoek is al gebleken dat tijdens industriële verwerking van mest de overlevingskans van onkruidzaden sterk wordt gereduceerd tijdens het verhitten. De fabrikanten streven naar een reductie tot nul. Op dit moment is de industriële mestverwerking echter uitsluitend gericht op varkensmengmest.

4. Kans op verspreiding van onkruiden met rundermengmest

Aan de hand van gemeten, berekende en aangenomen waarden worden de kans op een incident en de omvang van de gevolgen bepaald. Als voorbeeld zal de kans op verspreiding van onkruidzaden uit snijmaïs met rundermengmest worden berekend. De kans op besmetting wordt vastgesteld uit het aantal zaden dat met maïs wordt geoogst en hun overleving in daaropvolgende deelprocessen. De berekeningen zijn uitgevoerd met een aantal gemeten waarden en een aantal aannames. De aannames zijn zo gekozen dat ze eerder een overschatting dan een onderschatting van de overlevingskans opleveren. Voor zwarte nachtschade en melganzevoet gelden tijdens een stalperiode de volgende reductiefactoren:

Ensilage maïs	: 90%
Passage spijsverteringskanaal koe	: 90%
Verblijf in rundermengmest	: 50%

Als maïs 10 zaden per kg (versgewicht) bevat, een koe 20 kg snijmaïs per dag consumeert en 50 kg mengmest per dag produceert, en 50 ton rundermengmest per ha wordt uitgereden, kunnen 1000 vitale zaden op een ha bouwland terechtkomen. Uitgaande van de in 1988 gevonden aantallen zaden in snijmaïs (tabel 1) is berekend welk percentage akkers met vitale onkruidzaden kan worden besmet (tabel 2). De kans dat bijvoorbeeld meer dan 1000 onkruidzaden op een ha bouwland terechtkomen is 34% (onderste getal van de middelste kolom). De kans dat meer dan 10.000 zaden van zwarte nachtschade op een ha terechtkomen bedraagt 7% (tweede getal van de rechter kolom). De berekende aantallen hanepootzaden zullen lager zijn, omdat een kleiner aantal het verblijf in de maïskuil en in rundermengmest overleeft.

Tabel 2. Berekende kans (%) dat het aantal levende onkruidzaden dat op een ha bouwland komt groter is dan respectievelijk 100, 1000 en 10.000.

onkruidsoort	aantal zaden per ha:		
	100	1000	10.000
melganzevoet	49	15	2
zwarte nachtschade	44	15	7
hanepoot	24	2	0
andere soorten	15	2	0
totaal	132	34	9

5. Risico-beoordeling

Er is sprake van risico als een soort of populatie zich permanent op een nieuwe groeiplaats kan vestigen. Uit de literatuur zullen gegevens worden verzameld over de kans dat uit een zaad een zaaddragende plant kan opgroeien onder bepaalde vormen van bedrijfsvoering. Een eerste, globale indicatie kwam op maximaal 0,1%.
Ook bij de planteziekten zal worden ingeschat of een pathogeen na het uitrijden van mest in de grond kan overleven en nog in staat is om een gewas aan te tasten.

De grootte van het (toegevoegde) risico wordt bepaald door de kans op een incident en de grootte van de schade na het optreden van een incident. De schade kan worden berekend als een produktie- en/of kwaliteitsverlies of als de bestrijdingskosten om schade te vermijden. Voor enkele van de onderzochte organismen (knolcyperus, rhizomanie) komen daar nog kosten bij om verdere verspreiding van het onkruid of ziekte te voorkomen. Voor deze soorten zijn ook maatregelen van kracht om verspreiding langs andere wegen dan via mest tegen te gaan. Voor deze soorten zal ieder meetbaar risico voor telers onaanvaardbaar zijn. Voor knolcyperus is de kans op verspreiding via mest, onder de geldende teeltbeperkingen, nagenoeg gelijk aan nul. Voor rhizomanie kunnen we op dit moment nog geen uitspraak doen, omdat enkele overlevingsproeven nog lopen. Voor de andere onderzochte soorten bestaat er een reële kans dat ze langs andere weg dan via mest op een bedrijf worden geïntroduceerd. Dit bestaande risico wordt door een deel van de telers geaccepteerd (ze maken geen kosten om het risico te verkleinen). Het lijkt dan ook een reële veronderstelling dan ten aanzien van de betreffende soorten een zeker risico voor verspreiding met dierlijke mest aanvaardbaar zal zijn.

6. Voorlopige conclusies

Uit voorlopige resultaten blijkt dat het risico van verspreiding van onkruidzaden met rundermengmest kan worden gereduceerd door maïskuilen minstens vier weken gesloten te houden en/of door opslag van deze mest gedurende vier maanden. Ook planteziekteverwekkers overleven een lang verblijf in rundermengmest niet. Met name in de zomer zal het aantal kiemkrachtige zaden en levende pathogenen in opgeslagen mest sterk afnemen. Langdurige opslag van mest zonder aanvoer van verse mest is bij de individuele veehouder moeilijk. Daarom valt te denken aan vroegtijdige opslag in akkerbouwgebieden. Aan het uitrijden van rundermengmest van onbekende oorsprong blijft echter een zeker risico verbonden.
Varkensmengmest brengt door het gebruik van weinig risicohoudend veevoer en omdat schadelijke organismen in varkensmest sneller doodgaan dan in rundermengmest, veel minder gevaar voor de verspreiding van schadelijke organismen met zich mee dan rundermengmest. Om het risico klein te houden moet daarom bij (tussen)opslag van varkensmest geen rundermest worden bijgemengd. Om risico zoveel mogelijk uit te sluiten is de medewerking van de veehouders nodig. Zij zullen ondermeer bereid moeten zijn om garanties te geven dat bepaalde voedermiddelen niet zijn gebruikt en dat kuilen een bepaalde tijd dicht zijn gebleven.

Literatuur

Atkeson, F.W., H.W. Hulbert & T.R. Warren, 1934. Effect of bovine digestion and of manure storage on the viability of weed seeds. Journal of the American Society of Agronomy 26: 390-397.

Besson, J.M., R. Schmitt, V. Lehmann & M. Soder, 1987. Unterschiede im Kiemungsverhalten von Unkrautsamen nach Behandlung mit gelagerter, belüfteter und methanvergorener Gülle. Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft 35: 73-80.

Cooper, J.B., T.L. Maxwell & A.D. Owens, 1960.

Cooper, J.B., T.L. Maxwell & A.D. Owens, 1960. A study of the passage of weed seeds through the digestive tract of the chicken. Poultry Science 39: 116-163.

Faulkner, L.R., C.B. Skotland & W.W. Heinemann, 1965. Survival of *Meloidogyne hapla* and *Verticillium dachliae* in plant tissues used for animal feed. Phytopathology 55: 257-258.

Hansen, S. & J. Hansen, 1983. Overlevelsesevnen hos forskellige fro under anaerobe betingselser (biogasanlaeg). Kemiteknik Teknologisk Institut Gregersenvej, Tastrup. STUB rapport no. 12.

Harmon, G.W. & F.D. Keim, 1934. The percentage and viability of weed seeds recovered in the feces of farm animals and their longevity when buried in manure. Journal of the American Society of Agronomy 28: 762-767.

Heijbroek, W., 1988. Dissemination of rhizomania by soil, beet seeds and stable manure. Netherlands Journal of Plant Pathology 94: 9-15.

Hillmann, U., 1984. Neue Erkenntnisse über die Rizomania an Zuckerrüben mit besonderer Berücksichtigung Bayerischer Anbaugebiete. Dissetation, Universität Giessen: 56-60.

Kontaxis, D.G., G.P. Lofgreen, I.J. Thomason & H.E. McKinney, 1976. Survival of the sugarbeet cyst nematode in the alimentary canal of cattle. California Agriculture 30 (3):15.

Kuiper, K., 1977. Introductie en vestiging van planteparasitaire aaltjes in nieuwe polders, in het bijzonder *Trichodorus teres*. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen 77-4, 140 pp.

Rieder, G., 1966. Der Einfluss des Schwemmistes auf die Unkrautverbreitung und die Anwendung der Tetrazolium-Methode bei Unkrautsamen. Dissertation Hohenheim Hochschule, 119 pp.

Rothuis, J.H., 1984. Het gele aardappelcysteaaltje (*Globodera rostochiensis*) in drijfmest. Plantenziektenkundige Dienst, Jaarboek 1984: 70.

Schokker, A.H., 1988. De overleving van onkruidzaden en -knolletjes in rundermengmest en in een snijmaïskuil. CABO-Verslag 90, Wageningen.

Schröder, J. & E.A.D. Baart, 1982. Draagt drijfmest bij aan de verspreiding van Echinochloa crus-galli? Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent 47/1: 27-35.

Turkensteen, L.J., 1981. Identificatiemethoden en epidemiologie van gangreen bij aardappelen. Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Jaarverslag 1981: 49-50.

Turner, J., D.A. Stafford, D.E. Hughes & J. Clarkson, 1 983. The reduction of three plant pathogens (*Fusarium, Corynebacterium* and *Globodera*) in anaerobic digesters. Agricultural Wastes 6: 1-11.

Verwerkte mest: meststof voor de akkerbouw?

P.J. van Erp, NMI
T.A. van Dijk, IB

Inleiding

Het grootschalig verwerken van dunne mest tot droge, goed hanteerbare meststoffen met bekende, constante samenstelling en landbouwkundige waarde is een belangrijke optie voor het verminderen van het dunne mestoverschot in Nederland. Door verschillende instanties wordt momenteel in proefinstallaties dunne mest verwerkt tot proefprodukten van verwerkte mest.

Verwerkte mest bevat onder andere organische stof, stikstof (N), fosfaat (P_2O_5) en kali (K_2O) en is daardoor een potentiële meststof en/of bodemverbeteraar voor de akkerbouw. Voordat verwerkte mest gebruikt gaat worden als meststof en/of bodemverbeteraar zal meer bekend moeten zijn over de gehalten aan en de werking van stikstof, fosfaat en kali en over het gehalte en de stabiliteit van de organische stof. Op deze factoren heeft het Nederlands Meststoffen Instituut (NMI) een groot aantal proefprodukten van verwerkte mest onderzocht in laboratorium-, incubinatie-, pot- en veldproeven.

In de hierna volgende hoofdstukken wordt eerst een kort overzicht gegeven van het mestverwerkingsproces. Daarna volgen een uitleg over de uitvoering van de proeven en een overzicht van de onderzoekresultaten. Tenslotte gaan wij in op de mogelijkheid van verwerkte mest als meststof voor de akkerbouw.

Verwerking van dunne mest

Sedert enkele jaren worden in proefinstallaties mestverwerkingsprocessen geoptimaliseerd en worden ervaringen opgedaan voor de opzet van grootschalige verwerking van dunne mest.
De verwerking bestaat uit een combinatie van deelprocessen. De belangrijkste deelprocessen zijn:
- het scheiden van de vaste bestanddelen van het vloeibare deel;
- het indampen van het vloeibare deel (met of zonder vaste bestanddelen);
- het drogen van de vaste bestanddelen;
- het vergisten van de organische stof in de vaste bestanddelen;
- het omzetten van ammoniumstikstof in nitraatstikstof; en
- het toevoegen van hulpstoffen, bijvoorbeeld kalk of zuur.

De mestverwerkingsprocessen verschillen in keuze en volgorde van de deelprocessen, de wijze waarop de deelprocessen in het mestverwerkingsproces zijn gekoppeld en het gebruik en keuze van hulpstoffen. Als gevolg hiervan kan de landbouwkundige waarde van verwerkte mesten sterk verschillen.

Uitvoering van de proeven

De samenstelling van de verwerkte mesten is door middel van laboratoriumproeven vastgesteld. De werking van stikstof en fosfaat uit verwerkte mest is vergeleken met die van respectievelijk stikstof uit kalkammonsalpeter en die van fosfaat uit tripelsuperfosfaat. In potproeven werden de meststoffen door de grond gemengd en was Engels raaigras het testgewas. Van elke snede is de droge-stofopbrengst en de stikstof- en fosfaatopneming bepaald. Hieruit zijn de stikstof- of fosfaatwerkingscoëfficiënten van verwerkte mest berekend. De werkingscoëfficiënt is de werking van een meststof uitgedrukt als percentage van de werking van de

referentiemeststof. Met behulp van de stikstof- en fosfaatopneming per snede is ook het opnemingspatroon van stikstof en fosfaat uit de verwerkte mesten vastgesteld. De stabiliteit van de organische stof in de verwerkte mesten is afgeleid uit de hoeveelheid CO_2 die ontwijkt na mengen van de organische stof met grond. CO_2 is een produkt dat ontstaat bij de afbraak van organische stof.

Overzicht van de onderzoekresultaten

Niet alle onderzochte proefprodukten van verwerkte mest zijn representatief voor eindprodukten van grootschalige mestverwerking. De resultaten van het onderzoek van de eerste generatie proefprodukten zijn vooral gebruikt om het mestverwerkingsproces te optimaliseren.

Tabel 1 geeft een overzicht van de te verwachten samenstelling en werking van eindprodukten van verwerkte mest afgeleid uit de onderzoekresultaten van de tweede generatie proefprodukten. Bij de bespreking van de onderzoekresultaten wordt daarom vooral ingegaan op de tweede generatie proefprodukten, waarvan verwacht wordt dat de werking en gehalten vergelijkbaar zijn met die van eindprodukten van grootschalige mestverwerking.

De stikstofwerkingcoëfficiënt van verwerkte mest is redelijk te voorspellen en ongeveer gelijk aan het percentage minerale stikstof; afwijkingen die optreden zijn het gevolg van het niet controleerbaar vrijkomen van stikstof bij de microbiële afbraak van de toegediende organische stof (Van Erp en Van Dijk, 1989). Het patroon van de stikstofopneming door het gewas uit verwerkte mest is vergelijkbaar met dat van kunstmest: direct na toediening wordt veel stikstof opgenomen. De absolute hoeveelheid opgenomen stikstof uit verwerkte mest is groter naarmate meer minerale stikstof aanwezig is en naarmate de koolstof/stikstof-verhouding van de organische stof lager is (Van Erp en Van Dijk, 1989).

De fosfaatwerkingscoëfficiënt van verwerkte mest in het jaar van toediening is nog niet goed voorspelbaar en varieert van 50 tot 100 procent. Er bestaat een matig verband

Tabel 1. Te verwachten samenstelling van eindprodukten van verwerkte mest en de te verwachten werking van stikstof, fosfaat, kali en organische stof in deze eindprodukten.

stikstof (N)	
totaalgehalte, %	1,8 - 9,0
minerale N, % van N-totaal	30 - 95
organische N, % van N-totaal	5 - 70
werkingscoëfficiënt, %	50 - 95
fosfaat (P_2O_5)	
totaalgehalte, %	1,8 - 9,5
in-water-oplosbaar, % van P_2O_5-totaal	8 - 52
werkingscoëfficiënt, %	50 - 100
kali (K_2O)	
totaalgehalte, %	1,9 - 8
in-water-oplosbaar, % van K_2O-totaal	68 - 99
werkingscoëfficiënt, %	niet bepaald
organische stof	
totaalgehalte, %	35 - 72
verhouding koolstof/stikstof	5 - 28

tussen de fosfaatwerking van verwerkte mest en het percentage in-water-oplosbaar fosfaat. Als de fosfaatwerking van de verwerkte mest goed is (groter dan 90 procent) dan is het opnemingspatroon van fosfaat door het gewas vergelijkbaar met dat van fosfaat in tripelsuperfosfaat.

De kaliwerkingscoëfficiënt van verwerkte mest is niet onderzocht. Op grond van het hoge percentage in-water-oplosbaar kali is een kaliwerkingscoëfficiënt van zo'n 80 tot 100 procent in het jaar van toediening te verwachten.

Er zijn door het NMI geen veeljarige proeven uitgevoerd om de middellange en lange-termijnwerking van fosfaat en kali uit verwerkte mest te onderzoeken. Te verwachten is dat binnen een vierjarige gewasrotatie voor de meeste eindprodukten van verwerkte mest de werkingscoëfficiënt van het fosfaat en kali 100 procent zal zijn.

Oriënterende proeven naar de stabiliteit van de organische stof van enkele verwerkte mesten hebben aangetoond dat maximaal 20 procent van de organische stof binnen 90 dagen afbreekt. Dit betekent dat de organische stof in de verwerkte mesten relatief stabiel is en wezenlijk kan bijdragen aan de opbouw of instandhouding van het organische-stofgehalte van de bouwvoor van akkerbouwgronden.

Verwerkte mest, een meststof voor de akkerbouw?

Eisen met betrekking tot samenstelling en werking

Door het toenmalige Consulentschap in Algemene Dienst voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de Akker- en Tuinbouw (CAD-BWB-AT) zijn een aantal eisen geformuleerd met betrekking tot het gehalte aan en de werking van stikstof, fosfaat, kali en organische stof in verwerkte mest bij toepassing als meststof in de akkerbouw (Breimer e.a., 1989):

1. homogene en constante samenstelling;
2. gegarandeerde stikstof-, fosfaat- en kaligehalten;
3. de stikstof in verwerkte mest dient vooral als minerale stikstof en als moeilijk afbreekbare organische stikstof voor te komen;
4. de werking van fosfaat en kali in het eerste jaar moet zo mogelijk honderd procent zijn maar niet lager dan die van de uitgangsprodukten;
5. de fosfaat/kali-verhouding (P_2O_55/K_2O-verhouding) dient zodanig te zijn dat bij de toegediende fosfaatgift de gewenste kaligift niet wordt overschreden; en
6. de verhouding tussen fosfaat en minerale stikstof (P_2O_5/Nm-verhouding) dient zodanig te zijn dat bij de verstrekte fosfaatgift de minerale stikstofbehoefte van het geteelde gewas niet wordt overschreden.

Eisen 1 en 2.
Het is de verwachting dat grootschalige mestverwerking kan voldoen aan de gestelde eisen betreffende de homogene en constante samenstelling en de gegarandeerde gehalten aan stikstof, fosfaat en kali.

Eis 3.
Uit tabel 1 blijkt dat in de eindprodukten van verwerkte mest waarschijnlijk 30 tot 95 procent minerale stikstof zal zitten. Dit betekent dat 5 tot 70 procent van de stikstof in de organische stof aanwezig is. Uit resultaten van enkele potproeven blijkt dat uit deze organische stof stikstof vrijkomt. Uit het onderzoek naar de stabiliteit van de organische stof blijkt dat 80 tot 90 procent van de toegediende organische stof moeilijk afbreekbaar is binnen 90 dagen. Dit kan betekenen dat 80 tot 90 procent van de organische stikstof slechts langzaam beschikbaar komt.

Eis 4.
De fosfaatwerking van verwerkte mest varieert momenteel van 50 tot 100 procent. Onderzoek is gestart naar de reden van deze grote variatie en hoe de werking en voorspelbaarheid van de werking kan wor-

den verbeterd. De verwachting is dat de fosfaatwerking van de eindprodukten van verwerkte mest in een bouwplanrotatie 100 procent is. De fosfaatwerking van de onderzochte verwerkte mesten is gelijk aan of kleiner dan de fosfaatwerking van de oorspronkelijke dunne mest.

Eis 5.
Als de bodemvruchtbaarheidstoestand van akkerbouwgronden voor kali en fosfaat voldoende hoog is, moet de aanvoer van deze voedingsstoffen worden afgestemd op de afvoer plus de onvermijdbare verliezen door vastlegging en/of uitspoeling. In de akkerbouw zal jaarlijks per ha gemiddeld 70 kg fosfaat en 150 (kleigrond) of 200 (zand- en dalgrond) kg kali moeten worden toegediend voor handhaving van de bodemvruchtbaarheidstoestand (Breimer e.a., 1989). Het is mogelijk het fosfaat via een bouwplanbemesting te geven op alle grondsoorten. Voor kali is dit alleen mogelijk op kleigronden. Op zand- en dalgronden mag de kaligift niet groter zijn dan gemiddeld 200 kg per ha per jaar in verband met het risico op uitspoeling (Breimer e.a., 1989).

Als wordt aangenomen dat fosfaat en kali in verwerkte mest zoveel mogelijk wordt gebruikt voor handhaving van de fosfaat- en kalitoestand en dat fosfaat en kali in verwerkte mest in een vierjarige rotatie voor honderd procent werkzaam zijn, dan kan de gewenste fosfaat/kali-verhouding (P_2O_5/K_2O-verhouding) van verwerkte mest worden berekend, afhankelijk van de grootte en frequentie van de fosfaatgift. Tabel 2 geeft enkele resultaten.

Heeft een verwerkte mest een P_2O_5/K_2O-verhouding die overeenkomt met de berekende verhoudingen in tabel 2, dan kan de verwerkte mest op de bijbehorende grondsoort en met de bijbehorende wijze van fosfaattoediening, worden gebruikt voor handhaving van zowel de fosfaat- als kalitoestand van de bodem. Is de P_2O_5/K_2O-verhouding van een verwerkte mest hoger dan bevat de mest relatief te weinig kali en moet de akkerbouwer kali bijbemesten ter handhaving van de kalitoestand van de bodem. Heeft een verwerkte mest relatief teveel kali (P_2O_5/K_2O-verhouding is lager dan gewenst) dan wordt bij het streven om de fosfaattoestand in stand te houden via deze verwerkte mest teveel kali gegeven wat kan leiden tot extra kali-uitspoeling. Verwerkte mest met relatief teveel kali moet dus in combinatie met andere (kali-arme) fosfaatmeststoffen worden gebruikt.

De P_2O_5/K_2O-verhouding van de tweede generatie proefprodukten is vergeleken met de gewenste verhoudingen zoals berekend in tabel 2.

Figuur 1 geeft het percentage proefprodukten waarbij een bijbemesting met kunstmestkali noodzakelijk is. Het blijkt dat, ongeacht frequentie en grootte van de fosfaatgift, nagenoeg alle proefprodukten bruikbaar zijn op kleigronden. Dit geldt ook voor zand- en dalgronden als jaarlijks 70 kg fosfaat via ver-

Tabel 2. Gewenste fosfaat/kali verhouding (P_2O_5/K_2O-verhouding) in verwerkte mest, afhankelijk van grondsoort en de frequentie en grootte van de fosfaatgift in een vierjarige gewasrotatie.

fosfaattoediening, per ha, per 4 jaar	gewenste P_2O_5/K_2O-verhouding	
	kleigrond	zandgrond
4 maal 70 kg	70/150=0,47	70/200=0,35
2 maal 140 kg	140/300=0,47	140/200=0,70
1 maal 250 kg*	250/600=0,42	250/200=1,25

* grootte van de fosfaatgift via verwerkte mest wordt beperkt door het 'Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen'; een aanvullende fosfaatgift via kunstmest van 30 kg per ha per is noodzakelijk voor handhaving van de fosfaattoestand.

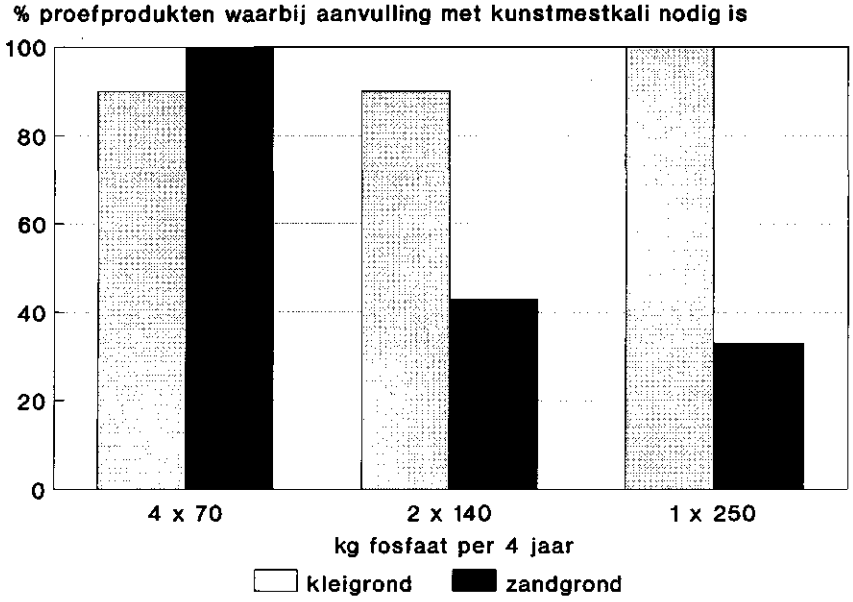


Fig. 1. Het percentage proefprodukten waarbij een bijbemesting met kunstmest kali noodzakelijk is.

werkte mest wordt gegeven. Wordt op zand- en dalgrond afgeweken van een jaarlijkse gift van 70 kg fosfaat, dan is een kalibijbemesting voor vele proefprodukten niet meer noodzakelijk: bij deze proefprodukten wordt dan teveel kali toegediend.

Eis 6.
Akkerbouwgewassen hebben minerale stikstof nodig voor de groei. Bij gebruik van verwerkte mest voor de handhaving van de fosfaattoestand mag de minerale stikstofaanvoer via de toegediende verwerkte mest de minerale stikstofbehoefte van het gewas niet overschrijden omdat anders stikstofverliezen kunnen optreden. Als ervan wordt uitgegaan dat alleen de minerale stikstof in verwerkte mest ter beschikking komt van het gewas, kan de gewenste verhouding tussen fosfaat en minerale stikstof (P_2O_5/Nm-verhouding) worden berekend, afhankelijk van de gewasbehoefte en de grootte en de frequentie van de fosfaatgift tijdens een vierjarige gewasrotatie. Omdat bij de afbraak van organische stof stikstof kan vrijkomen, is de berekende verhouding tevens de minimale P_2O_5/Nm-verhouding van verwerkte mest.

Verwerkte mest zal vooral aan de hakvruchten toegediend gaan worden omdat deze gewassen fosfaatbehoeftig zijn. Daarom zijn de minimale P_2O_5/Nm-verhoudingen berekend voor consumptie-aardappelen en suikerbieten. De minerale stikstofbehoefte van consumptie-aardappelen en suikerbieten is daarbij gesteld op respectievelijk 250 en 175 kg per ha. Bij de berekeningen is aangenomen dat het fosfaat in verwerkte mest voor 100 procent werkzaam is.

Heeft een verwerkte mest een P_2O_5/Nm-verhouding die overeenkomt met een berekende minimale verhouding zoals die wordt aangegeven in tabel 3, dan kan de verwerkte mest op bijbehorende grond en met bijbehorende wijze van fosfaattoediening worden gebruikt voor het handhaven van de fosfaattoestand van de bodem en als leverancier van minerale stikstof voor het gewas. Is de P_2O_5/Nm-verhouding van een verwerkte mest groter, dan bevat de mest relatief te weinig minerale stikstof en moet de akker-

Maïs en mest: van tolerantie naar benutting

J. Schröder (PAGV)

Inleiding

Circa 80 procent van het Nederlandse maïsareaal ligt op bedrijven waar ook dierlijke mest wordt geproduceerd. Daarmee is maïs bij uitstek een gewas wat bemest wordt met nutriënten van een dierlijke oorsprong. In de loop van de zeventiger jaren bleek bovendien dat maïs hoge mestgiften tolereert zonder dat de afrijping of voederwaarde er noemenswaardig onder lijdt (Schröder en Dilz, 1987).
Dit biedt intensieve veehouderijbedrijven de mogelijkheid om door de teelt van maïs op een goedkope, zij het vaak milieubelastende wijze, van de mest af te komen. Ook op rundveebedrijven komt dikwijls een meer dan evenredig deel van de geproduceerde mest op het maïsland terecht. Als door een te geringe opslagcapaciteit in het winterhalfjaar mest moet worden uitgereden, dan gebeurt dit dikwijls op het maïsland om het grasland te sparen.
Voorts bleek uit proeven dat maïs hoge giften niet alleen tolereert, maar dat de opbrengst er zelfs gunstig door kan worden beïnvloed. Deze resultaten ziet men soms als een pleidooi voor hoge mestgiften. Het valt echter niet uit te sluiten dat de hoge opbrengsten in genoemde proeven, ook met lagere giften gerealiseerd hadden kunnen worden. Zo werd bij hogere giften een deel van de mest reeds in het winterhalfjaar uitgereden. Voorts werd de mest niet steeds onmiddellijk ingewerkt. Dit heeft de beschikbaarheid van voldoende stikstof in de bouwvoor nadelig beinvloed en verklaart de positieve reactie op aanvullende N-giften die soms nog optrad. Bovendien geeft een analyse achteraf aan dat de kalivoorziening en de pH bij aanvang van de proeven op zandgrond te laag waren en bij jaarlijkse mestgiften van 50 m^3 per ha onvoldoende op peil kwamen.
In het navolgende zal het accent op stikstof liggen. Dit element kan onderhevig zijn aan verliezen. Deze verliezen verklaren dikwijls waarom een gewas zo verschillend op dierlijke mest kan reageren.

Stikstofbenutting

Bij snijmaïs wordt vaak maar een beperkt deel van de aangeboden stikstof in het gewas teruggevonden. Bij granen, bieten en gras bedragen deze zogenaamde terugwinningspercentages (ingeval van kunstmest-N) 70 tot 90 procent en zijn ze tot aan de optimale N-gift redelijk constant (Van der Meer et al., 1987; Prins et al., 1989). Bij maïs zijn de terugwinningspercentages vaak aanmerkelijk lager en dalen ze bovendien al voordat de economische N-gift bereikt is (tabel 1). Als men er van uitgaat dat een kg stikstof zes kg drogestof moet opbrengen om rendabel te zijn, dan blijkt de optimale N-gift doorgaans 150 kg N per ha te bedragen (Lammers et al., 1984). Dit was ook het geval bij de in tabel 1 genoemde proeven. Tijdens een nat groeiseizoen kan de optimale N-gift veel hoger liggen.
Daar waar de N-gift de optimale N-voorziening overschrijdt, nemen de terugwinningspercentages nog verder af. De stikstof die het gewas niet opneemt moet voor een groot deel als verloren worden beschouwd. Hieruit volgt ook dat bij bemesting volgens de thans toegestane hoeveelheden drijfmest, tot in het jaar 2000 sprake blijft van giften die de gewasonttrekking (75 kg P_2O_5 en 200 kg N per ha) ver te boven gaan (tabel 2). Dit zal tot grote verliezen leiden. Stikstof die niet wordt opgenomen kan vervluchtigen, uitspoelen of als organisch gebonden N in de bodem ophopen. Proeven geven aan dat N-uitspoeling een belangrijk deel van de verlie-

Tabel 1. Terugwinning van kunstmest-N door snijmaïs (in % van de N-gift).

locatie	periode	N-gift (kg/ha)										
		40	50	75	80	100	120	150	160	200	225	250
Heino	1976-1982			44				35			28	
Lelystad	1977-1980			35				30			22	
Gortel	1972-1982		44			55		48		40		39
Vredepeel/Leende/ Heeten/W'dijk	1983-1986						59		51			
Vredepeel/Leende/ Heeten/W'dijk	1985-1986				68		65		56			

(Bron: Schröder en Dilz, 1987; naar ongepubliceerde gegevens van Titulaer)

zen kan uitmaken (tabel 3) en dat 25 tot 30 procent van de aangevoerde N in de bodem wordt opgehoopt (Schröder en Dilz, 1987). Het is daarom een misverstand om te denken dat het gebruik van mest de bodemvruchtbaarheid dusdanig verbetert dat de hieruit voortvloeiende verhoging van opbrengst en N-onttrekking, de hogere mestgift rechtvaardigen. Om tot een hoge benutting en geringe verliezen naar het milieu te komen moeten de omvang, het tijdstip en de plaats van het meststoffenaanbod in overeenstemming worden gebracht met de gewasbehoefte (figuur 1). Maïs onderscheidt zich in dat opzicht niet van enig ander gewas.

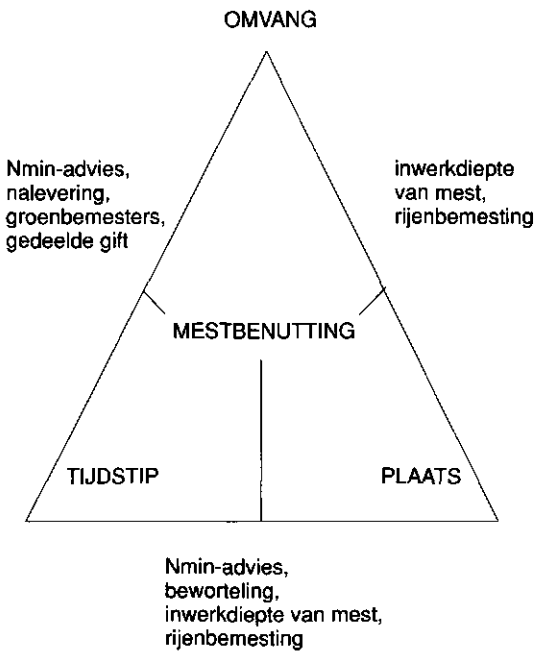


Fig. 1. De benutting van meststoffen is gebaat bij een gelijktijdige afstemming van de omvang, het tijdstip en de plaats van het aanbod met de behoeften van het gewas.

Omvang van de gift

De omvang van de gift is een eerste instrument om de benutting te verbeteren. De gift moet zich om te beginnen richten naar de onttrekking van het gewas. Hierbij moet rekening worden gehouden met het gemiddelde opbrengstniveau van het betrokken perceel. Bij een gemiddelde opbrengst van 16 ton drogestof per ha bedraagt de N-onttrekking 220 kg N, bij een opbrengst van 11 ton is dit echter nog maar 150 kg N per ha. Als de bemesting daarom afgestemd wordt op een te hoge opbrengstverwachting, zal jaarlijks veel stikstof onbenut blijven. Bij het vaststellen van de gift moet voorts gecorrigeerd worden voor andere bronnen zoals mineralisatie van organisch gebonden stikstof en depositie. Anderzijds moet gecompenseerd worden voor verliezen voor zover die onvermijdelijk zijn. Wat betreft stikstof bestaan deze verliezen uit vastlegging in wortels, stoppels en de microbiële biomassa

Tabel 2. Wettelijk toegestane mestgiften op maïsland en de daarmee aangeboden hoeveelheid N.

periode	toegestane fosfaatgift, kg P_2O_5 per ha	mestsoort	aangeboden volume, m^3 per ha	aangeboden stikstof*, kg N-totaal per ha
tot 1991	350	runderdrijfmest	194	856
		varkensdrijfmest	80	541
1991-1995	250	runderdrijfmest	139	611
		varkensdrijfmest	57	386
1995-2000	175	runderdrijfmest	97	428
		varkensdrijfmest	40	270

* Gebaseerd op gehalten in Anonymus (1985)

Tabel 3. N-aanvoer (kg/ha), relatieve maïsopbrengst, N-onttrekking, N-surplus en N-uitspoeling (kg/ha) in relatie tot de drijfmestgift; gemiddeld over 1977-1981 (ROC Cranendonck, PAGV/PR/IB/ICW).

	drijfmestgift (ton RDM/ha)					
	50	100	150	200	250	300
N-aanvoer (N-totaal)	260 *	521	782	1039	1296	1553
relatieve opbrengst	78	87	95	99	100	99
N-onttrekking	131	152	171	195	192	193
N-surplus**	129	369	611	844	1104	1360
N-uitspoeling	145	150	230	316	406	430

* Exclusief 90 kg kunstmest-N/ha/jaar tot en met 1979
** N-aanvoer minus N-onttrekking
(Bron: Schröder, 1985)

en enige denitrificatie en uitspoeling gedurende het groeiseizoen.
Bij een terughoudende N-bemesting zullen N-verliezen de opbrengst sterker reduceren dan wanneer op voorhand ruim bemest is. Op het ogenblik is daarom in onderzoek of de stikstofvoorziening van maïs beoordeeld kan worden aan de hand van de hoeveelheid minerale bodemstikstof. Dit zou de mogelijkheid kunnen bieden om, na een nat voorjaar, een curatieve aanvullende N-gift te verstrekken in de loop van het groeiseizoen. In buitenlands onderzoek rond dit onderwerp (zie Schröder, 1990) wordt veelal vastgesteld dat de optimale N-gift circa 200 kg N per ha bedraagt minus de hoeveelheid minerale stikstof in de bewortelbare zone.

Bij een oordeelkundig gebruik vormt dierlijke mest een waardevolle meststof voor maïs (tabel 4). Hiertoe moet mest zo snel mogelijk worden ingewerkt teneinde vervluchtigingsverliezen te voorkomen. Voorts dient het toedienen tot het late voorjaar te worden uitgesteld. Als met name de kalivoorziening voldoende is, kan in veel gevallen met 50 m^3 runderdrijfmest per ha worden volstaan (tabel 5). Ervaringen van de laatste twee jaren geven aan dat bij voorjaarsinjectie van 45-50 m^3 runderdrijfmest per ha, een hogere aanvulling dan 20-30 kg N per ha als rijenbemesting niet rendabel was (tabel 6). Wel moet worden opgemerkt dat in beide jaren sprake was van een warm, droog voorjaar. Dit zal de benutting van drijfmest-N hebben vergroot.

Tabel 4. Geschatte beschikbare voedingsstoffen uit runder- en varkensdrijfmest (kg/10 m^3) bij inwerken binnen enkele uren* in relatie tot het toedieningstijdstip.

mestsoort	element	toedieningstijdstip			
		1 oktober	1 december	1 februari	1 april
runderdrijfmest	N	9	11	18	24
	P_2O_5	18	18	18	18
	K_2O	50	52	55	55
varkensdrijfmest	N	17	22	33	42
	P_2O_5	44	44	44	44
	K_2O	59	62	65	65

* Geschatte N-vervluchtiging bedraagt 20% van NH_4-N
(Bron: Anonymus, 1985; Lammers, 1983)

Tabel 5. Globale aanvoer, afvoer en verlies van stikstof (kg N/ha/jaar) bij gebruik van 50 m^3 RDM per ha per jaar op maïsland (zandgrond).

	aangeboden	voor gewas beschikbaar	verloren	in bodem opgeslagen
50 m^3 RDM/ha	220	110	40	70
rijenbemesting	30	25	5	-
depositie	30	15	15	-
nalevering bodem	70	50	20	-
	+	+	+	+
	350	200	80	70
gewasonttrekking		200 -		
extra verlies		0		

Tabel 6. De invloed van aanvullende K-giften op de opbrengst van snijmaïs bij voorjaarinjectie van drijfmest op zandgrond.

locatie		jaar	drijfmestgift (m^3 RDM/ha)	N-gift: rijenbemesting + breedwerpig (kg N/ha)		
				20 + 0	20 +40	20 +80
Heino	(PAGV 1961)	1988	45	15,2	15,4	15,5
		1989	45	17,0	17,3	17,5
				30 + 0	30 + 70	30 + 140
Cranendonck	(PAGV 1770)	1988	50	17,5	17,6	17,5
		1989	50	15,5	15,8	15,9

De verhouding van stikstof, fosfaat en kali in runderdrijfmest benadert de NPK-verhouding in maïs veel beter dan het geval is met varkensdrijfmest (tabel 7). Ook de samenstelling van vaste rundveemest en rundveegier ontloopt die van maïs sterk. Als bijvoorbeeld met varkensdrijfmest bemest wordt op basis van de N-behoefte, wordt meer fosfaat en minder kali gegeven dan de gewas-onttrekking. Als het gebruik van varkensdrijfmest zich op de P_2O_5-onttrekking richt, wordt minder stikstof en zelfs aanzienlijk

Tabel 7. De mate van overeenkomst tussen de onttrekking van N, P_2O_5 en K_2O door snijmaïs (kg/ha) en het beschikbare aanbod hiervan (kg/ha) met runderen varkensdrijfmest.

element		N	P_2O_5	K_2O
snijmaïsonttrekking		200	75	275
runderdrijfmest,	42 m^3/ha	100	75	230
varkensdrijfmest,	17 m^3/ha	70	75	110
varkensdrijfmest,	24 m^3/ha	100	105	155
varkensdrijfmest,	35m^3/ha	150	154	230

minder kali gegeven dan het gewas onttrekt. Alleen bij een hoge kalitoestand en een belangrijke N-bijdrage uit andere bronnen kan in dat geval sprake zijn van een evenwichtige bemesting. Om van varkensdrijfmest een meststof te maken die runderdrijfmest wat betreft de samenstelling benadert, zou, bij een gelijkblijvend kali-gehalte, het N-gehalte met 25% en het fosfaatgehalte met 50% moeten dalen.

In tegenstelling tot bijvoorbeeld gras of bieten, is maïs niet in staat een overmatig N-aanbod tot op zekere hoogte in het blad op

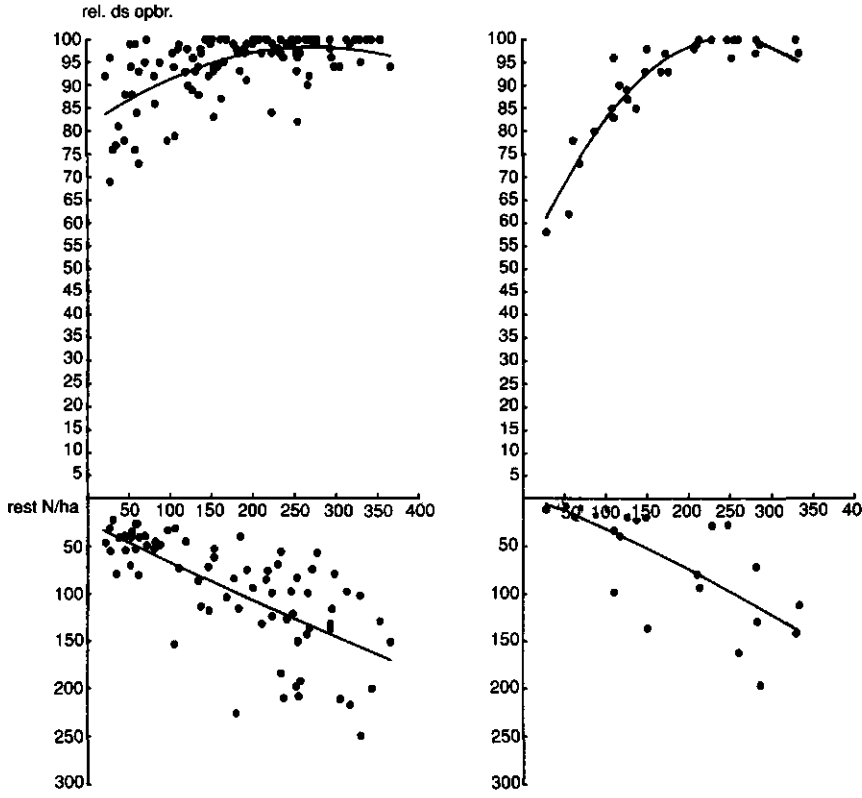


Fig. 2. Relaties tussen de hoeveelheid direct beschikbare stikstof (incl. bodem-N), de relatieve opbrengst van snijmaïs en de hoeveelheid onbenutte stikstof in de bodem na de oogst (diverse PAGV-proeven; links zandgronden, rechts kleigronden).

Tabel 8. De invloed van wintergewassen op de hoeveelheid onbenutte stikstof na de oogst (kg N/ha) van het eerstvolgende maïsgewas als NIET op de mestgift gekort wordt.

jaar	onbenutte N na de oogst van snijmaïs voorafgegaan door	
	braak	wintergewas
1986 PAGV 1420	170	183
1987 PAGV 1420	111	133
1989 PAGV 1961/CABO	164	194

te slaan. Dit betekent dat de hoeveelheid onbenutte stikstof na de oogst al stijgt voordat de economisch optimale N-gift bereikt is (figuur 2). Om na de oogst acceptabele N-hoeveelheden in de bodem achter te laten, kan het reduceren van de N-gift, met name op zandgrond, noodzakelijk blijken te zijn. De opbrengstderving die hiervan het gevolg zal zijn hangt af van de hoeveelheid achterblijvende stikstof waarnaar gestreefd moet worden; blijkens figuur 2 zijn de dervingen die horen bij een bepaalde streefwaarde geringer op kleigrond dan op zandgrond.

Bij de continuteelt van maïs is het land gedurende zes maanden per jaar onbegroeid. Omdat de mineralisatie in het najaar nog geruime tijd doorgaat zonder dat van N-opname door een gewas sprake is, neemt de Nmin-voorraad gedurende de herfst aanvankelijk toe. In de loop van de winter gaat deze stikstof goeddeels verloren. Winterharde groenbemesters zijn in staat een deel van deze ongebruikte stikstof te onderscheppen en vast te leggen. Het vermogen hiertoe hangt sterk af van de groeimogelijkheden die nog resteren tussen de oogst van het hoofdgewas en het begin van de winter. Van een werkelijke bijdrage aan het beperken van verliezen is pas sprake als de gebonden stikstof op het juiste tijdstip ook weer vrijkomt en als deze stikstof in mindering kan worden gebracht op de gift voor het volgende gewas. Als een dergelijke reductie van de N-gift niet plaatsvindt, dan leidt het gebruik van groenbemesters slechts tot grotere verliezen in de volgende herfst en winter (tabel 8). Zelfs als de teelt gericht is geweest op een vroege oogst, blijven groenbemesters na maïs door de relatief late zaai van een bescheiden omvang. Omdat het profiel doorgaans bovendien voldoende N bevat, is er geen aanleiding om groenbemesters na maïs te bemesten; een maïsstoppel verschilt in dit opzicht essentieel van andere gewassen (figuur 3). Het onderzoek naar de lange termijneffecten van groenbemesters bij maïs is op dit moment nog in volle gang.

	resterende groeidagen:		
	weinig		veel
resterende bodem-N:	weinig	bieten*	granen
	veel	maïs	peulvruchten

(* bij afvoer van loof en knol)

Fig. 3. Resterende bodem-stikstof en groeidagen voor groenbemesters na verschillende hoofdgewassen.

Tijdstip van de gift

Voor een hoge benutting moeten meststoffen in het voorjaar gegeven worden (tabel 4). Dit geldt in het bijzonder voor een gewas als maïs dat in het begin traag groeit en het veld pas laat sluit. Op zandgrond kan de mestgift zonder problemen worden uitgesteld mits voldoende opslagcapaciteit aanwezig is. Om risico's uit te sluiten dient het uitrijden bij voorkeur in april plaats te vinden. Met giften die ook wat betreft hun omvang

nog te benutten zijn, is dit late toedieningsmoment uitvoerbaar.
Op zwaardere grond wordt voorjaarstoediening in verband met structuurschade vooralsnog ontraden; dierlijke mest wordt daar meestal in de herfst gegeven. Ook in combinatie met graanstro en groenbemesters gaat de herfsttoediening evenwel gepaard met een geringere benutting. In de eerste plaats omdat in dat geval voor een deel goed oplosbare voedingsstoffen worden omgezet in organisch gebonden voedingsstoffen. De remineralisatie van deze gebonden stikstof zal echter zelden volkomen samenvallen met het opnamepatroon van het volggewas. Vanwege de weersafhankelijkheid kan de N-nalevering bovendien minder goed voorspeld worden dan het geval is bij in het voorjaar toegediende mest. Een tweede reden waarom de benutting van in de herfst toegediende mest doorgaans geringer is, ligt aan het feit dat het bindend vermogen van stro en groenbemesters beperkt is. Met 7 ton stro kan circa 50 kg N per ha worden vastgelegd en met een geslaagde groenbemester circa 80 kg N per ha. Dit betekent dat als men de stikstof in eerdergenoemde 50 m^3 runderdrijfmest zo goed mogelijk wil binden, men al aan een gelijktijdige toepassing van stro en een groenbemester moet denken. Het gebruik van beide instrumenten kan bij de continuteelt van maïs echter slechts van een geringe betekenis zijn. Omdat maïsland aanzienlijk later vrijkomt dan graanland, kunnen groenbemesters minder stikstof vastleggen; met een dag later zaaien daalt de N-binding door de groenbemester globaal met 2 kg N per ha. Dit betekent dat bij inzaai van een groenbemester na vroege maïs (20 september) hooguit gemiddeld 40 kg N per ha vastgelegd kan worden. In vergelijking tot graanstro draagt maïsstro bovendien niet bij aan de binding van voedingstoffen. De C/N-verhouding tussen beide strosoorten verschilt namelijk sterk: graanstro bevat 0,4 procent N (C/N >100) terwijl dit bij maïsstro 1,3 procent bedraagt (C/N = 35). De herfsttoediening van organische mest in combinatie met nitrificatieremmers is evenmin een volwaardig alternatief voor voorjaarstoediening. De werking is namelijk weersafhankelijk en juist op zwaardere grond minder voorspelbaar dan op zandgrond (Van Encke-voort, 1988). Een en ander betekent dat ook voor de zwaardere gronden moet worden onderzocht of dierlijke mest zonder structuurschade in het voorjaar kan worden uitgereden.

Tussen 1983 en 1987 is nagegaan of drijfmest-N nog beter benut wordt als de gift voor een deel tijdens het groeiseizoen wordt verstrekt. Uit deze proeven bleek dat een gift in het gewas, mits de mest wordt ingewerkt, tot iets hogere opbrengsten kan leiden (tabel 9). De beschikbaarhied van lichte apparatuur en voldoende werkbare dagen beperken de toepasbaarheid wel. De resultaten wijzen er op dat dierlijke mest in elk geval zo laat mogelijk moet worden toegediend. Dit

Tabel 9. Invloed van het toedieningstijdstip van drijfmest en kunstmest op de relatieve opbrengst van snijmaïs (diverse PAGV-proeven 1983-1987).

runderdrijfmest (m^3/ha)		kunstmest (kg N/ha)		relatieve opbrengst	(100 = ... t ds/ha)
voor het ploegen	in het gewas	bij het zaaien	in het gewas		
60	0	0	0	100	11,9
30	30 injectie	0	0	104	
30	30 bovengronds	0	0	98	
30	0	40	0	100	13,1
30	0	0	40	98	

(Bron: Schröder en De la Lande Cremer, 1989; Schröder, 1990)

Tabel 10. De drogestof-opbrengst, N-opbrengst en N-terugwinning door snijmaïs in relatie tot de omvang van de N-gift en de toedieningsmethode. (Heeten 1985, Leende 1985, Vredepeel 1985, Wolphaartsdijk 1985 en 1986.)

N-gift (kg/ha)	ds-opbrengst (ton/ha)		N-opbrengst (kg/ha)		N-terugwinning (%)	
	breedw.	breedw. + rij*	breedw.	breedw. + rij*	breedw.	breedw. + rij*
0	10,7	-	121	-	-	-
40	13,3	13,8	159	169	95	120
80	14,1	14,8	175	194	68	91
120	14,5	14,9	199	205	65	70
160	15,0	15,1	210	211	56	56

* Breedw. = totale N-gift breedwerpig; breedw. + rij = van totale N-gift 30 kg N/ha als rijenbemesting (Naar ongepubliceerde gegevens van Titulaer)

heeft mogelijk ook te maken met de diepte waarop mest terecht komt bij toediening eerder in het seizoen.
Uit delingsproeven met kunstmest-N is juist niet gebleken dat kunstmest bij voorkeur pas in een groeiend gewas moet worden verstrekt. Eventuele kunstmestaanvullingen moeten daarom bij voorkeur rond het zaaien gegeven worden ter ondersteuning van de jeugdgroei (tabel 9). Pas later in het seizoen is het profiel voldoende intensief doorworteld om de dieper gelegen en nog vrijkomende stikstof uit de mest te onderscheppen. Kunstmest-N moet liefst deels als rijenbemesting worden gegeven. Dit komt zowel de opbrengst als de N-benutting ten goede (tabel 10).

Plaatsing van de gift

Niet alleen de omvang en het tijdstip maar ook de plaats van het meststofaanbod dient afgestemd te zijn op de gewasbehoefte: meststoffen moeten zodanig worden aangeboden dat het gewas deze snel kan onderscheppen.
Om vervluchtiging van ammoniak uit de mest te voorkomen, moet mest goed worden ingewerkt. Dit kan door injectie of het snel onderploegen van uitgebrachte mest. In een nat en koel voorjaar bestaat het gevaar dat meststoffen op deze wijze in een laag terecht komen waar de wortels er niet meer of niet snel genoeg bij komen. Juist een tijdige beschikbaarheid van voldoende stikstof op de juiste diepte is voor maïs belangrijk, temeer omdat de beworteling van maïs aanvankelijk vrij ondiep is (Kiesselbach, 1949). Dit verklaart wellicht ook waarom maïs in proeven met zeer hoge mestgiften nog positief reageerde op een aanvulling met kunstmest-N (Schröder en Dilz, 1987). Op maïsbouwland moet daarom gestreefd worden naar toedieningswijzen die mest enerzijds voldoende diep plaatsten om vervluchtigingsverliezen te voorkomen, maar anderzijds voldoende ondiep om snel onderschept te kunnen worden. Nederlandse (Huijsmans en Van Dongen, 1990) en Duitse (Hoffman, 1989; Laurenz, 1988) proefresultaten geven aan dat het uitbrengen van mest gevolgd door ploegen, niet altijd de beste voorwaarden schept voor een goede plaatsing; het lijkt er op dat mest in dat geval soms te diep terecht kan komen. In dit licht bezien moet ook het bewust onderploegen van kunstmest-N daarom in het algemeen ontraden worden. Niet alleen de plaatsingsdiepte van meststoffen, maar ook de diepte en snelheid van beworteling zijn bepalend voor de mogelijkheden om meststoffen te onderscheppen. Percelen die in het voorjaar slecht opwarmen en percelen met een slechte ontwatering of met verdichtingen bemoeilijken daarom de benutting van meststoffen. Ook de perceelskeuze en -behandeling moeten om die reden afgestemd zijn op een

zo hoog mogelijke benutting.
Naast een juiste plaatsing in het verticale vlak, is ook de plaatsing in het horizontale vlak van belang. Proefresultaten geven aan dat het aanbieden van stikstof dicht bij de plant tot een betere benutting kan leiden (tabel 10).

Specifieke effecten

Door het gebruik van organische mest kunnen soms opbrengsten worden gerealiseerd die hoger liggen dan bij een optimale toepassing van NPK-kunstmeststoffen. Dit specifieke effect ("resteffect") kan ook bij maïs optreden, vooral op zandgrond. Bij diverse proeven kan echter allerminst worden uitgesloten dat de gevonden resteffecten ook deels op een betere kalivoorziening terug te voeren zijn (Schrdder en Dilz, 1987). Daarnaast kan de oorzaak van dit effect gezocht worden in de toevoer van organische stof. Dit kan een verbetering van het vochthoudend vermogen en de structuur van de grond geven. Een voor de hand liggende vraag is of de toevoer van organische stof bij een beperking van de bemesting nog wel voldoende is. Ter aanvulling van de jaarlijkse afbraak moet 1200 tot 1500 kg effectieve organische stof per ha worden aangevoerd (Anonymus, 1980). Bij continuteelt van snijmaïs wordt hierin voorzien door wortels en stoppels (675 kg per ha) en door het gebruik van dierlijke mest. Mestsoorten verschillen in hun bijdrage aan de effectieve organische stof (tabel 11). Bij een bemesting op basis van de fosfaatonttrekking door het gewas (75 kg P_2O_5 per ha) staat de organische stofvoorziening bij het gebruik van runderdrijfmest niet onder druk. Resultaten van een meerjarige drijfmestproef op ROC Cranendonck bevestigen dat (figuur 4). Bij gebruik van fosfaatrijke mestsoorten is de handhaving lastiger. In dat geval zal op termijn moeten worden uitgezien naar andere bronnen van organische stof. Hierbij kan men denken aan een regelmatig gebruik van andere mestsoorten, de teelt van groenbemesters, het achterlaten van het maïsstro en aan vruchtwisseling met gras of graan.
Het specifieke effect wordt behalve met organische stof ook wel in verband gebracht met het geleidelijk vrijkomen van voedingsstoffen. Daarnaast bevat dierlijke mest meer elementen dan alleen stikstof, fosfaat en kali. Afhankelijk van de bodemvruchtbaarheidstoestand kunnen gewassen hierop positief reageren. In het verleden is bij maïs ook gewezen op het feit dat organische mest aaltjesdodend kan werken en de wortelgezondheid kan bevorderen (Maenhout, 1984). Hierbij moet worden aangetekend dat beide effecten bij mestgiften van 100 m^3 of meer werden geconstateerd. Daarnaast is tot nog toe niet gebleken dat aaltjes op zandgrond van betekenis zijn voor de opbrengst van maïs. Evenmin is uit proeven gebleken dat opbrengstdepressies die het gevolg zijn van nauwe teeltfrequenties en die gepaard gaan met een slechte wortelgezondheid, teniet gedaan kunnen worden door het gebruik van drijfmest (Scholte, 1987).
De positieve specifieke effecten van dierlijke mest die resteren, kunnen gemakkelijk verloren gaan of zelfs omslaan in een negatief effect als het uitrijden van de mest gepaard gaat met ernstige bodemverdichtingen (Alblas et al., 1990).

Tabel 11. Toevoer van effectieve organische stof (kg/ha) bij gebruik van organische mest.

mestsoort	gehalte (%)		humificatie-coëfficiënt	toevoer effectieve o.s. (kg/ha) per	
	organische stof	P_2O_5		10 m^3 mest	75 kg P_2O_5
runderdrijfmest	6	0,18	0,50	300	1250
varkensdrijfmest	5	0,44	0,33	165	280
kippedrijfmest	9	0,88	0,33	300	250
vaste rundveemest	14	0,38	0,50	700	1380

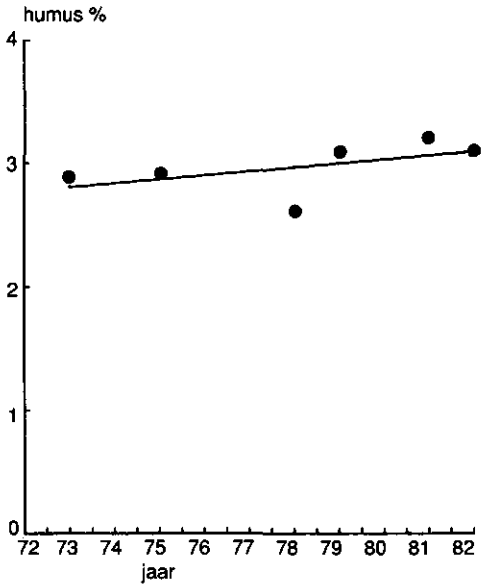


Fig. 4. Ontwikkeling van het organische-stofgehalte (%) van de bouwvoor bij continuteelt van snijmaïs en een jaarlijks gebruik van 50 m^3 runderdrijfmest per ha (ROC Cranendonck, PAGV/PR/IB/ICW).

Vruchtwisseling en rassenkeuze

Om de benutting van meststoffen te vergroten, verdient vruchtwisseling ook aandacht. In de eerste plaats kan vruchtwisseling zorgen voor een evenwichtiger verdeling van de bodemvruchtbaarheid over de verschillende percelen. De benutting van mest verbetert evenwel niet als vruchtwisseling tot gevolg heeft dat maïs van tijd tot tijd toegewezen wordt aan percelen die voor maïsteelt minder geschikt zijn.
Vruchtwisseling biedt de mogelijkheid om langdurige braakperioden als bij continuteelt, te vermijden. Op gronden waar dierlijke mest niet in het voorjaar kan worden uitgereden, is herfsttoediening in combinatie met groenbemesters vooralsnog het aangewezen alternatief. Alleen in een vruchtwisseling met vroegruimende gewassen zoals granen, is het mogelijk om groenbemesters drijfmest-N voldoende te laten vastleggen.
De rotatie van maïs met andere gewassen geeft mogelijk een dusdanige verbetering van de bodemstructuur en de wortelgezondheid dat dit de doorworteling, de opname en de opbrengst van maïs vergroot. Wel dient men in een rotatie met bijvoorbeeld gras, bij de bemesting sterk rekening te houden met de stikstof die uit de ondergewerkte zode vrij zal komen. Genoemde aspecten zijn voor een deel nog in onderzoek.

In het gebruikswaarde-onderzoek worden rassen met elkaar vergeleken bij een ruime bemesting. Om echter tot acceptabele hoeveelheden bodem-N na de oogst te komen, zal een krappe bemesting vroeg of laat regel worden. Het is om die reden interessant om na te gaan of de opbrengstverschillen tussen rassen wijzigen onder invloed van het bemestingsniveau. Mogelijk komen verschillen in benutting pas bij een krappe bemesting tot uiting. Er zijn al aanwijzingen dat rassen met lagere vatbaarheid voor wortelverbruining minder negatief op continuteelt reageren (Schröder et al., 1989). Ook dit komt de benutting van aangeboden voedingsstoffen ten goede.

Samenvatting

Bij de teelt van maïs is dierlijke mest een waardevolle meststof. Dierlijke mest kan alleen dan goed benut worden als tegelijkertijd èn de omvang, èn het tijdstip èn de plaatsing van de mestgift zijn afgestemd op de gewasbehoefte. Om de hoeveelheid stikstof die na de oogst in de bodem achterblijft te beperken, dient hierbij ook meer rekening te worden gehouden met de N-levering van de bodem.
Bij maïs kan alleen een bescheiden mestgift, in het voorjaar uitgebracht en intensief maar niet te diep ondergewerkt, rekenen op een goede benutting. Dit stelt eisen aan de opslagcapaciteit, de toedieningsapparatuur en de mogelijkheid om mest in andere gewassen te benutten of elders af te zetten.

Literatuur

Alblas, J., F. Wanink, J. van der Akker en H.M.G. van der Werf (1990). The impact of traffic induced compaction of sandy soils on the yield of silage maize in the Netherlands. Soil and Tillage (in druk).

Anonymus (1980). Organische stof in de akkerbouw. Vlugschrift voor de Landbouw nr. 317, CAD Bodemaangelegenheden in de Landbouw, Wageningen, 12 pp.

Anonymus (1985). Dierlijke mest. Vlugschrift voor de Landbouw nr. 406. CAD Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de Veehouderij, Wageningen, 12 pp.

Enckevoort, P. van (1988). Nitrificatieremmers en nitraatuitspoeling bij toediening van dierlijke mest. IV Samenvatting en aanbevelingen. IB-nota 194.

Hoffman, H. (1989). Gülle und Mineraldünger zu Mais: Wo ist die Grenze. DLG-Mitteilungen 5/1989, p. 230-232.

Huijsmans, J.F.M. en G.J. van Dongen (1990). Toedieningstechnieken. In Themaboekje Mestbenutting Akkerbouw (PAGV), Lelystad, maart 1990.

Kiesselbach, T.A. (1949). The structure and reproduction of corn. Res. Bull. 161, Agr. Exp. Stat. Univ. Nebr., 96 pp.

Lammers, H.W. (1983). Gevolgen van het gebruik van organische mest op bouwland. CAD Bodem-, Water- en Bemestingszaken, Wageningen, 83 pp.

Lammers, H.W., K. Dilz, B.A. ten Hag en L.C.N. de la Lande Cremer (1984). Bemesting. In: Themadag Snijmaïs, Themaboekje 4 (PAGV), p. 44.

Laurenz, L. (1988). Maïsdüngung: Kostensparend und umweltschonend. Top Agrar 3/1988, p. 64-69.

Maenhout, C.A.A.A. (1984). Continuteelt of Vruchtwisseling. In: Themadag Snijmaïs, Themaboekje 4 (PAGV), p. 66.

Meer, H.G. van der, R.B. Thompson, P.J.M. Snijders en J.H. Geurink (1987). Utilization of nitrogen from injected and surface-spread cattle slurry applied to grassland. In: Animal Manure on Grassland and Fodder Crops, H.G. v.d. Meer et al. (eds), Martinus Nijhoff Publishers, p. 48-71.

Prins, W.H., K. Dilz en J.J. Neeteson (1989). Current recommendations for nitrogen fertilisation within the E.E.C. in relation to nitrate leaching. Fert. Soc. Proceedings No. 276, p. 1-27.

Scholte, K. (1987). Relationship between cropping frequency, root rot and yield of silage maize on sandy soils. Neth. J. of Agr. Sci. 35, p. 473-486.

Schröder, J. (1985). De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheeze (zandgrond) 1974-1982. PAGV-verslag 31. Lelystad, PAGV, 49 pp.

Schröder, J. en K. Dilz (1987). Cattle slurry and farmyard manure as fertilizers for forage maize. In: Animal Manure on Grassland and Fodder Crops, H.G. v.d. Meer et al. (eds), Martinus Nijhoff Publishers, p. 137-156.

Schröder, J. en L.C.N. de la Lande Cremer (1989). Toedienen van drijfmest in maïs. PAGV-verslag 85. Lelystad, PAGV, 51 pp.

Schröder, J., A.G.M. Ebskamp en K. Scholte (1989). Wortelverbruining bij snijmaïs. PAGV-verslag 93. Lelystad, PAGV, 29 pp.

Schröder, J. (1990). N-deling bij snijmaïs. PAGV-verslag in voorbereiding.

Titulaer, H.H.H. (pers.med.). Naar ongepubliceerde gegevens van PAGV 1063, 1064, 1065 en 1308.

Nog leverbare PAGV-uitgaven [1)]

Verslagen

5. De invloed van het rooitijdstip op de stikstofbehoefte van drie suikerbietenrassen; ing. Th. Huiskamp, september 1982 ..... *f* 10,-
6. De betekenis van vrijlevende wortelaaltjes bij maïs; ir. C.A.A.A. Maenhout et al, januari 1983 ..... *f* 10,-
7. Epipré-evaluatieverslag 1982; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, december 1982 ..... *f* 10,-
8. Onderzoek naar verschillen in opbrengst en kwaliteit van consumptie-aardappelen in het zuidwesten van Nederland; ir. C.B. Bus, ing. K.W. Bosma (CA-Barendrecht) en ir. D.W. de Hoop (LEI), februari 1983 ..... *f* 10,-
10. Epipré-instructieboekje 1983; ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, april 1983 ..... *f* 10,-
13. Het effect van de intensiteit van de zaaibedbereiding op het kiembed en de opkomst, opbrengst en kwaliteit van suikerbieten; ing. Th. Huiskamp, september 1983 ..... *f* 10,-
14. Verslag van een driejarig onderzoek naar de optimale stikstofgift voor bruine bonen; G.J. Bom, september 1983 ..... *f* 10,-
15. Epipré-evaluatieverslag 1983; ing. H. Drenth en ir. K Reinink, januari 1984 ..... *f* 10,-
16. Factoranalyse-onderzoek in snijmaïs in Oost-Overijssel in 1981 en 1982. Ing. J. Boer, januari 1984 ..... *f* 10,-
18. Rendabiliteit van continuteelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten op het proefveld PAGV1 (1978 t/m 1982) Ing. H. Preuter, maart 1984 ..... *f* 10,-
19. Biologie en ecologie van kleefkruid (Galium aparine). Ir. W.G.M. van den Brand, april 1984 ..... *f* 10,-
20. Pootafstanden en gebruik van Alar en Rovral bij de teelt van Alpha-pootgoed. Ing. J. Alblas en B. v.d. Spek, januari 1984 ..... *f* 10,-
21. Epipré 1984 - instructieboekje. Ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, maart 1984 ..... *f* 10,-
22. Resultaten van diep losmaken van zavelgronden in zuidwest-Nederland; 1978-1982. Ing. J. Alblas, april 1984 ..... *f* 10,-
23. Resultaten kalibouwplanproeven op zeeklei. Ir. J. Prummel (IB) en dr. ir. J. Temme (Nederlands Kali Instituut), mei 1984 ..... *f* 10,-
24. Oogstplanning van bloemkool in "de Streek". Ir. R. Booij, oktober 1984 ..... *f* 10,-
25. Beregeningsonderzoek bij asperges op de proeftuin "Noord-Limburg". Ing. D. van der Schans en ir. A.J. Hellings, oktober 1984 ..... *f* 10,-
26. Kalibemesting voor aardappelen in de Brabantse Biesbosch en het Land van Altena. Ing. J. Alblas, november 1984 ..... *f* 10,-
27. Spruitkool bewaren aan de stam. Ing. J.A. Schoneveld, november 1984 ..... *f* 10,-
28. Verslag Inventarisatie Graanziekten 1984. Ing. W. Stol, januari 1985 ..... *f* 10,-
30. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Heino (zandgrond) 1972 - 1982. Ir. J.J. Schröder, maart 1985 ..... *f* 10,-
31. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheeze 1974 -1984. Ir. J.J. Schröder, maart 1985 ..... *f* 10,-
32. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Lelystad 1976 - 1980. Ir. J.J. Schröder, maart 1985..... *f* 10,-
33. Intensieve teeltsystemen bij wintertarwe. Dr. ir. A. Darwinkel, maart 1985 ..... *f* 10,-
35. Biologie en ecologie van zwarte nachtschade (Solanum nigrum). Ir. W.G.M. van den Brand, maart 1985 ..... *f* 10,-
36. Epipré 1985 instructieboekje. Ir. K. Reinink, april 1985 ..... *f* 10,-
37. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van snijmaïs. Ir. C.L.M. de Visser, ir. H.F.M. Aarts, april 1985 ..... *f* 10,-
38. Zuiveringsslib in de akkerbouw; Ir. S. de Haan en ing. J. Lubbers (IB), Ing. A. de Jong (PAGV), maart 1985 ..... *f* 10,-

---

[1)] Een volledig overzicht van de PAGV-uitgaven wordt op uw aanvraag graag toegezonden.

39. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van Engels en Italiaans raaigras, veldbeemdgras en roodzwenkgras. Ir. C.L.M. de Visser, juni 1985 ..... f 20,-
40. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van uien en sjalotten. Ir. C.L.M. de Visser, juni 1985 ..... f 10,-
42. Themadag effecten van diepe grondbewerking in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt, juli 1985 ..... f 10,-
43. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van aardappelen, Ir. C.L.M. de Visser, augustus 1985 ..... f 10,-
44. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van erwten, stambonen en veldbonen. Ir. C.L.M. de Visser, augustus 1985 ..... f 20,-
45. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van wortelen. Ir. C.L.M. de Visser, september 1985 ..... f 10,-
46. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van winterkoolzaad. Ir. C.L.M. de Visser, september 1985 ..... f 10,-
47. Biologie en ecologie van melganzevoet (Chenopodium album). Ir. W.G.M. van den Brand, december 1985 ..... f 10,-
48. Verslag inventarisatie graanziekten 1985. Ing. H.P. Versluis, december 1985 ..... f 10,-
49. Natriumbemesting en natriumbehoefte van suikerbieten. Dr. ir. J. Temme en dr. J.G.H. Stassen, december 1985 ..... f 10,-
50. Epipré instructieboekje 1986. Ing. W. Stol, april 1986 ..... f 10,-
51. Studiedag kluitplanten. Ir. R. Booij en N.J. Snoek, juli 1986 ..... f 10,-
52. Biologie en ecologie van hanepoot (Echinochloa crus-galli). Ir. W.G.M. van den Brand, juli 1986 ..... f 10,-
53. Opkomstperiodiciteit bij 40 eenjarige akkeronkruidsoorten en enkele hiermee samenhangende onkruidbestrijdingsmaatregelen. Ir. W.G.M. van den Brand, oktober 1986 ..... f 10,-
54. De teelt van wintertarwe als dekvrucht voor veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W.J.M. Meijer, oktober 1986 ..... f 10,-
56. De invloed van het maaien van de tarwestoppel op ondergezaaide veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W.J.M. Meijer, oktober 1986 ..... f 10,-
57. Benutting afvalwarmte bij vollegrondsteelten. Ing. J.A. Schoneveld, november 1986 ..... f 10,-
59. Het bestrijden van verstuiven op landbouwgronden. Dr. ir. A. Darwinkel, november 1986 ..... f 10,-
60. Stikstofbemesting van wintertarwe. Ir. K. Reinink, december 1986 ..... f 10,-
63. De invloed van teeltmaatregelen bij winterkoolzaad op de zaadproduktie in Noord-Nederland. S. Vreeke , maart 1987 ..... f 10,-
64. Themadag "Werkbaarheid en tijdigheid", 13 mei 1987 ..... f 10,-
65. Invloed van plantaantal en potermaat op de opbrengst en de sortering van pootaardappelen. Ing. J.K. Ridder, mei 1987 ..... f 10,-
66. Bewaren en voorkiemen bij pootaardappelen. Ing. J.K. Ridder, mei 1987 ..... f 10,-
68. Vervroeging van vollegrondsgroenten met afdekmaterialen. Ir. C.F.G. Kramer en J.T.K. Poll, september 1987 ..... f 10,-
69. Biologie en ecologie van vogelmuur (Stellaria media). Ir. W.G.M. van den Brand, september 1987 ..... f 10,-
70. Ontwikkeling van een biotoets voor het Noordelijk wortelknobbelaaltje (Meloidogyne hapla). Ing. A.A.W. Zondervan, november 1987 ..... f 10,-
71. Het EPIPRE-adviesmodel, een kritische analyse. Werkgroep EPIPRE, december 1987 ..... f 10,-
72. Teelttechnische en economische aspecten bij de teelt van kleine witte kool. Ing. C. van Wijk, ir. C. Kramer, ing. G. Schroën en ir. R. Booij, januari 1988 ..... f 10,-
73. Het optimale oogsttijdstip van snijmaïs. Ing. H.M.G. van der Werf, april 1988 ..... f 10,-
74. Ontwikkelen van teeltbegeleidingssystemen voor aardappelen en suikerbieten. Ir. C.L.M. de Visser e.a., mei 1988 ..... f 10,-
75. Bedrijfseconomische aspecten van de grondontsmetting in rotaties met consumptieaardappelen, suikerbieten en wintertarwe op het proefveld te Westmaas (1981 t/m 1986). Ing. H. Preuter, mei 1988 ..... f 10,-

76. Invloed van de verkruimeling van de grond op verslemping en zuurstofgehalte in relatie tot de groei van aardappelen. Ing. J.K. Ridder, ir. C.B. Bus en J.F. Houwing, mei 1988 ..... *f* 10,-
77. Jaarverslag 1986 proefproject Borgerswold. Ing. J. Boerma, december 1988 ..... *f* 10,-
78. Bijzaaien en overzaaien van snijmaïs. H.M.G. van der Werf en H. Hoek, december 1988 ..... *f* 10,-
79. Teeltvervroeging bij snijmaïs. H.M.G. van der Werf, februari 1989 ..... *f* 10,-
80. Economische aspecten van de plantdichtheid bij witlof. Ir. C.F.G. Kramer, februari 1989 ..... *f* 10,-
81. Stikstofbemesting van ijssla. Dr. ir. J.H.G. Slangen (LU), ir. H.H.H. Titulaer (PAGV), ir. H. Niers (IB) en dr. ir. J. van der Boon (IB), februari 1989 ..... *f* 10,-
82. Classificatievoorstel plantesoorten, cultuurgewassen, rasgroepen en teeltwijzen in de akkerbouw, vollegrondsgroente- en bloembollenteelt. Ir. P.W.J. Raven (PAGV) en ir. J.W. Stoop (LBO), maart 1989 ..... *f* 10,-
83. De invloed van de hoge teeltfrequentie op opbrengst en kwaliteit van (fijne) peen. Ing. Th. Huiskamp, april 1989 ..... *f* 10,-
84. Oppervlakkige grondbewerking in het gewas maïs. H.M.G. van der Werf (PAGV), J.J. Klooster (IMAG) en D.A. van der Schans (PAGV), mei 1989 ..... *f* 10,-
85. Toedienen van drijfmest in maïs (vervolgonderzoek 1985-1987). Ir. J. Schröder (PAGV) en ir. L.C.N. de la Lande Cremer (IB), mei 1989 ..... *f* 10,-
86. Teelt van fabrieksaardappelen op bedden ten opzichte van op ruggen. Ing. J.K. Ridder, juli 1989 ..... *f* 10,-
87. Detaillering van het onderdeel Bemesting van het Informatiemodel "Open Teelten"-bedrijf. Ir. A. Landman en ir. A.E. Brands, juli 1989 ..... *f* 10,-
88. Bestrijding van moederkoren in graszaadgewassen. Ir. G. Horeman en G. Olthof, juli 1989 ..... *f* 10,-
89. Diep losmaken van zavelgronden in zuidwest-Nederland. J. Alblas, E.C. Vos en J.G.N. Wander, juli 1989 ..... *f* 10,-
90. Jaarverslag Borgerswold 1987. Ing. J. Boerma, augustus 1989 ..... *f* 10,-
91. Overzaaien van suikerbieten. Dr. ir. A.L. Smit, oktober 1989 ..... *f* 10,-
92. Bedrijfseconomische perspectieven van akkerbouwbedrijven in de Veenkoloniën. Drs. S. Cupersus, oktober 1989 ..... *f* 10,-
93. Wortelverbruining bij snijmaïs. J. Schröder, A.G.M. Ebskamp, K. Scholte, oktober 1989 ..... *f* 10,-
94. Noodzaak van roestbestrijding in Engels raai- en veldbeemgras. Ir. G.H. Horeman, november 1989 ..... *f* 10,-
95. Stikstofbemesting van peen. J.H.G. Slangen, H.H.H. Titulaer, H. Niers en J. van der Boon, januari 1990 ..... *f* 10,-
96. De teelt van Bintje fritesaardappelen op lössgrond. Ing. P.M.T.M. Geelen, januari 1990 ..... *f* 10,-

Publikaties

6. Witloftreksystemen, een vergelijking van produktie, arbeidsbehoefte, en financieel resultaat; ing. M. v.d. Ham, ir. G. van Kruistum en ing. J.A. Schoneveld (IMAG), januari 1980 ... ƒ 6,50
7. Virusziekten in pootaardappelen; ing. A. Schepers en ir. C.B. Bus, februari 1980 ... ƒ 3,50
11. 15 jaar "De Schreef"; ing. O. Hoekstra, februari 1981 ... ƒ 12,50
12. Continuteelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten; ir. J.G. Lamers, februari 1981 ... ƒ 10,-
17. Volgteelt van stamslabonen na doperwten; ing. L.M. Lumkes en ir. U.D. Perdok, oktober 1981 ... ƒ 10,-
19. Jaarverslag 1981, mei 1982 ... ƒ 15,-
21. Werkplan 1983, februari 1983 ... ƒ 10,-
22. Jaarverslag 1982, juli 1983 ... ƒ 15,-
23. Kwantitatieve informatie 1983 - 1984; september 1983 ... ƒ 20,-
24. Werkplan 1984, februari 1984 ... ƒ 10,-
25. Jaarverslag 1983, juni 1984 ... ƒ 10,-
26. Kwantitatieve informatie 1984 - 1985, september 1984 ... ƒ 20,-
27. Jaarverslag 1984, februari 1985 ... ƒ 10,-
28. Werkplan 1985, februari 1985 ... ƒ 10,-
29. Kwantitatieve informatie 1985 -1986; september 1985 ... ƒ 20,-
30. Effecten van grote drijfmestgiften bij de teelt van snijmaïs; ir. J.J. Schröder, september 1985 ... ƒ 10,-
31. Werkplan 1986, maart 1986 ... ƒ 10,-
32. Jaarverslag 1985, april 1986 ... ƒ 15,-
33. Kwantitatieve informatie 1986 - 1987, september 1986 ... ƒ 20,-
34. Werkplan 1987, maart 1987 ... ƒ 10,-
35. Jaarverslag 1986, april 1987 ... ƒ 15,-
36. Informatiemodel 'Open Teelten'-bedrijf, juni 1987 ... ƒ 10,-
37. Kwantitatieve informatie 1987 - 1988; augustus 1987 ... ƒ 20,-
38. Jaarboek 1986; november 1987 ... ƒ 30,-
39. Werkplan 1988, maart 1988 ... ƒ 10,-
40. Jaarverslag 1987, april 1988 ... ƒ 15,-
41. Kwantitatieve Informatie 1988-1989, augustus 1988 ... ƒ 20,-
42. Optimalisering van de stikstofvoeding van consumptie-aardappelen. Ir. C.D. van Loon en J.F.Houwing januari 1989 ... ƒ 20,-
43. Jaarboek 1987/'88; februari 1989 ... ƒ 35,-
44. Bouwplan en vruchtopvolging. Ir. T.G.F.M. Aerts en ir. W.A.M. Kromwijk, maart 1989 ... ƒ 20,-
45. Werkplan 1989, april 1989 ... ƒ 10,-
46. Jaarverslag 1988, april 1989 ... ƒ 15,-
47. Handboek voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond, augustus 1989 ... ƒ 35,-
48. Kwantitatieve Informatie 1989-1990. Ing. W.P. Noordam en ir. L.A.J. van de Wiel, oktober 1989 ... ƒ 20,-
49. Jaarboek 1988/'89, oktober 1989 ... ƒ 35,-

Themaboekjes

2. Vruchtwisseling; februari 1981 ... ƒ 7,50
3. Consumptie-aardappelen; december 1982 ... ƒ 10,-
4. Snijmaïs; maart 1984 ... ƒ 10,-
5. Zomergerst; november 1985 ... ƒ 10,-
6. Kwaliteitszorg bij de teelt van witlof; december 1985 ... ƒ 10,-
7. Organische stof in de akkerbouw, februari 1986 ... ƒ 10,-
8. Geïntegreerde bedrijfssystemen, 17 november 1988 ... ƒ 15,-
9. Vruchtwisseling, november 1989 ... ƒ 15,-
10. Benutting dierlijke mest in de akkerbouw, maart 1990 ... ƒ 15,-

OBS-uitgaven

1. Verslag over 1980 (mei 1983) ... ƒ 25,-
2. Verslag over 1981 (december 1983) ... ƒ 25,-
3. Verslag over 1982 (mei 1984) ... ƒ 25,-
4. Verslag over 1983 (augustus 1985) ... ƒ 20,-
5. Verslag over 1984 (augustus 1986) ... ƒ 20,-
6. Verslag over 1985 (mei 1988) ... ƒ 20,-

Teelthandleidingen

1.	Blauwmaanzaad, april 1977	ƒ 5,-
2.	Zaaiuien, maart 1985	ƒ 10,-
4.	Bleekselderij, september 1977	ƒ 5,-
5.	Bos- en waspeen, april 1982	ƒ 10,-
9.	Plantuien, maart 1979*	ƒ 6,-
11.	Prei, december 1985	ƒ 10,-
12.	Witlof; teelt van de wortel en produktie van lof, augustus 1989	ƒ 20,-
13.	Voederbieten, april 1983	ƒ 10,-
14.	Doperwten, augustus 1983	ƒ 10,-
15.	Bestrijding van onkruiden in suikerbieten (incl. de gids "Akker-onkruiden en hun kiemplanten f 15,-"), maart 1985	ƒ 12,50
16.	Knolvenkel, maart 1984	ƒ 10,-
17.	Sluitkool, mei 1985	ƒ 10,-
18.	Bloemkool, oktober 1985	ƒ 10,-
19.	Sla, oktober 1985	ƒ 10,-
20.	Broccoli, juni 1986	ƒ 10,-
21.	Suikerbieten, december 1986	ƒ 15,-
22.	Andijvie, augustus 1987	ƒ 10,-
23.	Wintertarwe, september 1987	ƒ 15,-
24.	Kroten, juli 1988	ƒ 15,-
25.	Luzerne, september 1988	ƒ 15,-
26.	Graszaad, oktober 1988	ƒ 15,-
27.	Stamslabonen, november 1988	ƒ 15,-
28.	Teelt van droge erwten, maart 1989	ƒ 15,-

* Deze teelthandleidingen zijn ook verkrijgbaar bij de SNUiF in Colijnsplaat, postbankrekening 26233.

Korte teeltbeschrijvingen

1.	Teunisbloemen, maart 1986	ƒ 5,-
2.	Roodlof, maart 1986	ƒ 5,-
3.	Paksoi en amsoi, augustus 1996	ƒ 5,-
4.	Bosui, december 1986	ƒ 5,-
5.	Suikermais, maart 1987	ƒ 5,-
6.	Groene asperge, september 1988	ƒ 5,-
7.	Courgette en pompoen, december 1988	ƒ 5,-
8.	Chinese kool, november 1989	ƒ 10,-

Niet opgenomen in een reeks

-	Bouwboek (inhoud + ringband; voor het bijhouden van uiteenlopende bedrijfsadministratie), januari 1988	ƒ 35,-
-	Phoma bij aardappelen. Ing. A. Schepers en ir. C.D. van Loon, maart 1988	ƒ 5,-
-	Bedrijfseconomisch advies; achtergrondinformatie en -documentatie bij de spreadsheettoepassingen voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond. Ing. S.R.M. Janssens en drs. A.T. Krikke, april 1989	ƒ 15,-

---

U kunt een **jaarabonnement** nemen op de PAGV-uitgaven. Er zijn drie mogelijkheden:

1. **Praktijk-abonnement** à ƒ 100,-. U ontvangt dan alle publikaties, teelthandleidingen, korte teeltbeschrijvingen en de themaboekjes die in het betreffende kalenderjaar verschijnen.
2. **Verslagen-abonnement** à ƒ 100,-. U ontvangt een kalenderjaar lang alle verslagen die wij uitgeven.
3. Een **totaal-abonnement** (= 1+2) à ƒ 200,-

Bij elk abonnement zijn bovendien inbegrepen het PAGV-Jaarverslag en -Werkplan, en het OBS-Jaarverslag.

Voort kunt u **losse exemplaren** bestellen door het per titel vermelde bedrag over te maken op postbankrekening nr. 2249700 van het PAGV, Lelystad, met vermelding van de uitgave(n) die u wilt ontvangen.