



Precisieplaatsing van drijfmest in maïs

Effecten van precisieplaatsing en grondbewerking

Bert Vermeulen, Jan Huijsmans, Gerard Meuffels & David van der Schans





Precisieplaatsing van drijfmest in maïs

Effecten van precisieplaatsing en grondbewerking

Bert Vermeulen¹, Jan Huijsmans¹, Gerard Meuffels² & David van der Schans²

¹ Plant Research International

² Praktijkonderzoek Plant en Omgeving

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Agrosysteemkunde.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 616, 6700 AP Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 – 48 63 21
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
1.1 Aanleiding	3
1.2 Doelstellingen	4
1.3 Leeswijzer	5
2. Materiaal en methoden	7
3. Resultaten	13
3.1 Plaatsingsnauwkeurigheid	13
3.2 Gewasontwikkeling	13
3.3 Opbrengst en kwaliteit	14
3.4 Mineralenopname en -benutting	16
4. Discussie	19
5. Conclusies	23
Literatuur	25
Bijlage I. Bodemanalyse	1 p.
Bijlage II. Proefveld lay-out	1 p.
Bijlage III. Perceels-, teelt- en bewerkingsgegevens	1 p.
Bijlage IV. Meteorologische gegevens locatie Vredepeel	1 p.

Samenvatting

Toedieningstechnieken van mest die mineralen beter beschikbaar maken voor het gewas, stellen in staat om eenzelfde gewasopbrengst met minder mest te realiseren of meer opbrengst te realiseren met eenzelfde mestgift. Op veehouderijbedrijven ontstaat in het eerste geval ruimte om bespaarde mest elders op het bedrijf nuttig in te zetten of kunstmest te besparen. In het tweede geval kan op de aankoop van voer bespaard worden. In beide situaties neemt bovendien de milieubelasting af vanwege een lager bodemoverschot. Plaatsing van dierlijke mest nabij de wortels van planten ('rijenbemesting') is een voorbeeld van een toedieningstechniek die mineralen beter beschikbaar maakt. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat maïs stikstof en fosfaat in drijfmest beter benut als de mest niet volvelds, maar als rijenbemesting wordt toegediend. De praktische nadelen van rijenbemesting in combinatie met zaaien, zoals logistieke problemen, geringe uitrijcapaciteit bij gelijktijdige uitvoering van bemesting en zaaien, en mogelijke bodemverdichting, bleken zo groot dat rijenbemesting met mest in maïs tot nu toe toch niet van de grond kwam.

Door het gebruik van RTK-DGPS stuursystemen ('GPS-positionering') is het in principe mogelijk om rijenbemesting en inzaai als aparte bewerkingen uit te voeren en de maïs zo toch dicht bij eerder aangebrachte sleuven met mest te zaaien. In 2009 is begonnen met onderzoek met als onderzoeksvragen of rijenbemesting in maïs met RTK-DGPS praktisch haalbaar is en of de positieve effecten ook in de praktijk aantoonbaar zijn. Rijenbemesting leidde in 2009 en 2010 echter nog niet tot een significante verhoging van de opbrengst met als vermoedelijke oorzaak dat de proefpercelen te rijk waren aan nutriënten door jarenlange overbemesting. Omdat de Meststoffenwet de rijkdom van percelen zal doen dalen, kunnen dergelijke opbrengstverhogingen in de toekomst alsnog optreden.

In dit rapport wordt verslag gedaan van een veldexperiment in Vredepeel in 2011. Daarin werden verschillende toedienmethoden (zodenbemesting en mestinjectie) en verschillende grondbewerkingsstrategieën (vóór of na de rijenbemesting) vergeleken met volveldstoediening van mest voorafgaand aan de grondbewerking.

Voor de synchronisatie van de mestsleuven en de zaairijen bij rijenbemesting werden in deze proef eerst sporen uitgereden met RTK-DGPS, werden deze sporen vervolgens met de bemester gevolgd en werd daarna gezaaid onder gebruikmaking van opnieuw RTK-DGPS. De afwijking van de plaatsing van mest varieerde bij 90% van de metingen van 3,4 cm rechts tot 13,2 cm links van de toekomstige zaairij.

Ondanks deze onnauwkeurigheid van plaatsing had plaatsing van mest na de hoofdgrondbewerking (in vergelijking tot een volvelds toediening van mest voor de hoofdgrondbewerking) een significant positief effect op de gewasopbrengst en de mestbenutting. Dit positieve effect van een betere plaatsing was, zoals verwacht, het sterkst bij een krappe mestgift en leek vooral het gevolg van een betere stikstofvoorziening. Als na de mestplaatsing een niet-kerende grondbewerking werd uitgevoerd, bleven de positieve effecten van rijenbemesting maar ten dele behouden en waren zij niet meer statistisch significant, ondanks de veronderstelling dat mest bij een niet-kerende grondbewerking zich nauwelijks verspreidt.

In deze proef werden geen significante verschillen in gewasopbrengst en mestbenutting gevonden tussen rijenbemesting met een zodenbemester dan wel met een bouwlandinjecteur uitgerust met woelpoten. In beide gevallen was de mestplaatsing relatief ondiep. Voor de methode 'grondbewerking vóór rijenbemesting' kunnen op basis van de huidige resultaten geen conclusies getrokken worden over welke van de huidige vormen van zodenbemesten en mestinjectie het best voldoet.

De bevindingen bieden goede perspectieven voor toepassing van het onderzochte systeem in de praktijk.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Toedieningstechnieken van mest die mineralen beter beschikbaar maken voor het gewas, stellen in staat om eenzelfde gewasopbrengst met minder mest te realiseren of meer opbrengst te realiseren met eenzelfde mestgift. Op veehouderijbedrijven ontstaat in het eerste geval ruimte om bespaarde mest elders op het bedrijf nuttig in te zetten of kunstmest te besparen. In het tweede geval kan op de aankoop van voer bespaard worden. In beide situaties neemt bovendien de milieubelasting af vanwege een lager bodemoverschot. Plaatsing van dierlijke mest nabij de wortels van planten ('rijenbemesting') is een voorbeeld van een toedieningstechniek die mineralen beter beschikbaar maakt. Voor de sturing van beleid is inzicht nodig in de mate waarin deze techniek met kans van slagen in de praktijk kan worden toegepast.

In dit onderzoek wordt ingegaan op plaatsing van mest bij de gewasrij (precisieplaatsing) bij het gewas maïs. Onderzoek heeft aangetoond dat maïs stikstof en fosfaat in drijfmest beter benut als de mest niet volvelds, maar als rijenbemesting wordt toegediend (Schröder *et al.*, 1997; Van der Schoot & Van Dijk, 2001). Het onderzoek gaf ook aan dat het bij precisieplaatsing van drijfmest niet langer zinvol is om een aanvullende rijenbemesting met kunstmest fosfaat te geven. Een dergelijke aanvulling is jarenlang als verzekeringsgift noodzakelijk geacht en aanbevolen. Daarnaast is aangetoond dat precisieplaatsing ook tot besparing van stikstof (N) leidt. Zowel met kunstmest als met dierlijke mest kan bij precisieplaatsing eenzelfde opbrengst gerealiseerd worden met 20% minder N (Smit *et al.*, 2005). Samenvattend: door volvelds bemesting te vervangen door rijenbemesting kan (kunst)mest bespaard worden die vervolgens aan gewassen en/of percelen kan worden toegediend waarvan de opbrengst nog wel positief reageert op een verruimd aanbod van mineralen.

Bij de introductie van rijenbemesting in de praktijk spelen echter logistieke problemen tijdens het zaaien. Een ander nadeel is dat onder slechte omstandigheden de bodemstructuur kan worden aangetast. Ook is de uitrijcapaciteit van gecombineerde mest-zaaimachines te gering, gezien de relatief korte periode waarin maïs wordt gezaaid, om dit systeem op een groot areaal toe te passen en de maïs toch tijdig te zaaien. Een logische consequentie van precisiebemesting is ook dat de hoofdgrondbewerking uitgevoerd moet worden vóór de bemesting, omdat anders de mest weer wordt verspreid.

Bovengenoemde nadelen van rijenbemesting met dierlijke mest bleken zo groot dat rijenbemesting met mest in maïs niet van de grond kwam.

Sinds 2005 neemt het gebruik van GPS stuursystemen sterk toe en het is de verwachting dat dit de komende jaren uitgroeit tot een gangbare uitrusting bij landbouwmechanisatie. Dit biedt nieuwe perspectieven voor rijenbemesting. Mest zou dan namelijk met hoge capaciteit op elk willekeurig moment voor het zaaien, in stroken op 75 cm afstand, kunnen worden toegediend. De plaats van de injectiebanen kan worden vastgelegd en de maïs kan, in een aparte werkgang, precies boven, vlak naast mestinjectiesleuven worden gezaaid. Dit gaat niet ten koste van de zaai-capaciteit.

Om de technische uitvoerbaarheid hiervan te onderzoeken is in 2009 een eerste oriënterende proef aangelegd met een gecombineerde bemester-zaaimachine (Van der Schoot *et al.*, 2009). De mesttoediening en het zaaien werden toen kort na elkaar gedaan. De mestinjecteur plaatste de mest oppervlakkig in 2 sleuven aan weerszijden van de voorziene maïsrij. Een positief effect van het preciezer plaatsen van mest was aanwezig, maar niet significant. Het berijden van de grond na de hoofdgrondbewerking bleek geen effect te hebben op de opbrengst.

In 2010 werd de proef herhaald met een aangepaste machine met één tand met injectiebuis per rij op een onderlinge afstand van 75 cm (Van der Schans *et al.*, 2011), verder aangeduid als 'rijtoediening'. Om het zaad niet direct in de mest, maar wel zo dichtbij als mogelijk bij de mest te kunnen zaaien, werd de mest op 15 - 20 cm diepte geplaatst. De mest werd mede vrij diep geplaatst om te voorkomen dat deze bij de zaaidbereiding

verspreid zou worden. De maïs werd 5 cm diep gezaaid precies boven de mest en ook op 10 cm afstand van de mest. Ter vergelijking werd ook gezaaid na volveldstoediening van mest, zonder rekening te houden met de plaats waar de mest lag. Vergeleken met zaaien na volveldstoediening leidde zaaien boven of op 10 cm afstand van de mestsleuven na rijentoediening van mest in deze proef niet tot een hogere opbrengst of betere mineralenbenutting. Dit kwam waarschijnlijk omdat de proef op rijke grond was aangelegd waar de reactie op bemesting gering was. Ten opzichte van zaaien op 10 cm afstand van de mestsleuven gaf zaaien precies boven de mestsleuven relatief goede resultaten.

Een nadeel van de diepe plaatsing in dit experiment was de hoge trekkrachtbehoefte van de bemester. In de praktijk wordt de mest aanzienlijk minder diep dan 15 - 20 cm geplaatst. Het berijden met de mesttank na de hoofdgrondbewerking leidde tot minder bodemverdichting dan aanvankelijk verondersteld werd, omdat de mest dieper geplaatst werd (15 - 20 cm diepte) dan gangbaar (5 - 10 cm diepte). De injectietanden liepen daarbij zelfs nog iets dieper dan de mestuitloop. Door de bewerking met de injectietanden werd de grond direct na het berijden weer losgemaakt op de plaats waar later ook de maïs gezaaid werd. Bovendien werd de grond ook volvelds tot 15 cm diep losgemaakt door een balk met cultivatortanden aan de bemester. Bij deze wijze van mesttoediening bleef het effect van berijding met de bemester beperkt tot de grond tussen de maïsrijen en een diepte groter dan ca. 20 cm. De restverdichting van de bemester leidde niet tot negatieve effecten op de drogestofopbrengst en het drogestofgehalte van de maïs in de bemestersporen, vergeleken met de situatie naast de bemestersporen. Geconcludeerd mag worden dat berijdingsschade op zandgrond niet verwacht wordt en dat eventuele verdichting in de sporen relatief gemakkelijk op te heffen is door sporenlossers aan de mesttoedieningsapparatuur op de plek van de in te zaaien maïsrijen.

Het onderzoek in 2009 (Van der Schoot *et al.*, 2009) en 2010 (Van der Schans *et al.*, 2011) leverde wisselende resultaten wat betreft de gehaalde precisie van de plaatsing van mest en zaad. Oorzaak daarvan was dat de bemesters nog niet met GPS waren uitgerust en daarom op het zicht moesten rijden op eerder aangelegde treksporen. In 2011 is opnieuw en uitgebreider gemeten wat de nauwkeurigheid is bij het 'op zicht' rijden.

Het onderzoek in 2009 en 2010 leverde geen eindconclusies over het effect van de plaatsing van de mest ten opzichte van het zaad (plaatsingsdieptes, onderlinge afstand) en de noodzakelijkheid van het lostrekken van de wielsporen van het mestvoertuig met behulp van tanden in de bemester. In 2011 waren twee nieuwe rijenbemesters beschikbaar, een zodenbemester en een bouwlandinjecteur, die van elkaar verschilden in plaatsingsdiepte van de mest en in het lostrekken van de grond. Deze twee uiteenlopende methoden zijn in 2011 met elkaar vergeleken.

In het onderzoek in 2010 (Van der Schans *et al.*, 2011) kwam naar voren dat het mogelijk zou zijn om toch een (niet-kerende) grondbewerking na het bemesten uit te voeren, zonder dat de mest aanzienlijk verspreid zou worden. Het voordeel hiervan zou zijn dat mesttoediening en 'grondbewerking + zaai' onafhankelijk van elkaar in de tijd kunnen worden uitgevoerd, waardoor logistieke problemen voorkomen worden en waardoor het tijdstip van grondbewerken en zaaien niet afhangt van de mesttoediening. De effecten van grondbewerking vóór of na de rijenbemesting werden daarom onderzocht in 2011.

1.2 Doelstellingen

De doelstelling van dit onderzoek was om de voordelen aan te tonen van rijenbemesting in aparte werkgangen voor bemesting en zaai met behulp van RTK-DGPS besturing en specifieke mesttoedieningsapparatuur voor rijenbemesting. Voortbouwend op de resultaten van de voorgaande jaren waren de specifieke doelstellingen van de proef in 2011:

- Nagaan wat de precisie is van mest- en zaadplaatsing als gewerkt wordt met 1) een trekker die met RTK-DGPS sporen uitrijdt; 2) een bemester die deze sporen 'op het zicht' volgt en 3) vervolgens een trekker met zaaimachine die de sporen weer met behulp van RTK-DGPS volgt.
- Nagaan of de positieve effecten van rijenbemesting op de gewasproductie en de mineralenbenutting in de praktijk gerealiseerd kunnen worden, zonder diepe, veel trekkracht vergende injectie.
- Nagaan of de effecten van rijenbemesting ook behouden blijven als de rijenbemesting voorafgaand aan een niet-kerende grondbewerking uitgevoerd wordt.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de opzet en uitvoering van de proef besproken. In hoofdstuk 3 worden de plaatsingsprecisie en de effecten op de gewasontwikkeling, de productie en de mineralenbenutting beschreven en in hoofdstuk 4 worden de resultaten bediscussieerd en conclusies getrokken.

2. Materiaal en methoden

In 2011 werd een perceel voor de proef geselecteerd waarvan verondersteld werd dat deze arm aan nutriënten was en daardoor een goede respons op mest zou geven. Dit om de effecten van rijenbemesting tot uiting te laten komen. Het geselecteerde perceel (Vissers West) had een ondiepe matig humeuze zandgrond 3,8% humus en een pH van 5,2, op een kavel aan de Twistweg nabij onderzoekslocatie Vredepeel in Noord-Limburg. Beschikbare N-totaal was 1180 mg/kg grond, P beschikbaar (P-PAE) was 9,1 mg P/kg grond (toestand 'hoog') en de P-totaal voorraad was hoog, te weten 78 mg P₂O₅ per 100 gram grond (Bijlage I). Dit wijst op een historie van jarenlange bemesting met dierlijke mest. De bewortelingsdiepte op het perceel bedroeg 30 - 40 cm.

Om de effecten van rijenbemesting en grondbewerking vóór of na rijenbemesting te onderzoeken werden naast objecten met volveldstoediening van mest vóór de grondbewerking (praktijk), objecten met rijenbemesting vóór de grondbewerking en objecten met rijenbemesting na de grondbewerking aangelegd (Tabel I). Voor de rijenbemesting werd zodenbemesting en mestinjectie toegepast. Om de effecten op mineralenbenutting te onderzoeken werden in de proef twee mestgiften toegepast, 15 en 35 ton rundveedrijfmest per ha en werd er één object zonder N en P bemesting aangelegd (object A). De lay-out van de proef, aangelegd in vier herhalingen, is weergegeven in Bijlage II. Elk proefveldje bestond uit 8 maïsrijen met een lengte van 12 meter. De middelste 2 rijen (de netto-rijen) werden over een lengte van 10 meter gebruikt voor de gewaswaarnemingen en opbrengstbepaling. De overige rijen werden aangeduid als bruto rijen.

Tabel 1. De proefobjecten.

Object	Tijdstip grondbewerking	Mestplaatsing	Bemester	Mestgift (ton/ha)
A	Na bemesting overige veldjes	-	-	0
B	Na bemesting	Volvelds	Zodenbemester	15
C	Na bemesting	Volvelds	Zodenbemester	35
D	Na bemesting	Rijenbemesting	Zodenbemester	15
E	Na bemesting	Rijenbemesting	Zodenbemester	35
F	Vóór bemesting	Rijenbemesting	Zodenbemester	15
G	Vóór bemesting	Rijenbemesting	Zodenbemester	35
H	Na bemesting	Rijenbemesting	Bouwlandinjecteur	15
I	Na bemesting	Rijenbemesting	Bouwlandinjecteur	35
J	Vóór bemesting	Rijenbemesting	Bouwlandinjecteur	15
K	Vóór bemesting	Rijenbemesting	Bouwlandinjecteur	35

Drijfmesttoediening

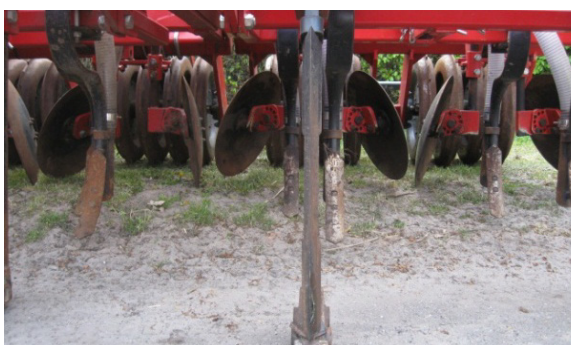
Op 21 april werden de twee rundveedrijfmestgiften, 15 en 35 ton/ha, toegediend. Voor de bemesting werd gebruik gemaakt van daarvoor beschikbare machines/prototypes van fabrikanten: een Evers Garanno bouwlandinjecteur voor rijenbemesting en een Veenhuis Euroject Combi 4500 prototype voor zowel volveldsbemesting als rijenbemesting. Beide bemesters waren bevestigd aan een Challenger Terra-Gator 8333CVT mestvoertuig (driewielige zelfrijdende bemester) met een mesttank van 16 m³. De afgifte van de bemester werd geregeld door de boordcomputer van de Challenger Terra-Gator. Op de zelfrijdende bemester was geen precieze GPS aanwezig. Daarom is met een trekker die was uitgerust met RTK-DGPS voorafgaand aan de mesttoediening een spoor gereden door het midden van de veldjes, dat later door de bemester is gevolgd.

De Evers rijenbemester (Figuren 1 en 2) had een werkbreedte van 6 meter. Bij deze machine werd de grond ter plaatse van de toekomstige maïsrij eerst gewoeld, daarna liepen er twee injectietanden op 8 cm afstand aan weerszijden van de toekomstige maïsrij, vervolgens werd de grond weer vlak gemaakt door twee toedekschijven en ten slotte aangerold. Tijdens de mesttoediening (Figuur 3) was de werkdiepte van de woeler ca. 23 cm en van de injectietanden ca. 15 cm. De mest werd op 9 tot 12 cm diepte neergelegd (Figuur 4).

De Veenhuis zodenbemester betrof een prototype van Veenhuis waarmee zowel volveldsbemesting als rijenbemesting mogelijk was (Figuur 5). De werkbreedte was 6 meter. De machine had 15 bemesterelementen met twee schijfopeners en twee mestuitlopen per element (Figuur 6). De afstand tussen de mestsluven was ca. 19 cm. Deze bemester was niet voorzien van werktuigen om de grond voor de bemesting te bewerken of om rijsporen te lossen. Met de zodenbemester werden zowel de volveldsbemesting (Figuur 7) als de rijenbemesting (Figuur 8) uitgevoerd. Bij de rijenbemesting werd per rij één bemesterelement met twee mestuitlopen toegepast, waarbij mest op ca. 9 cm aan weerszijden van de toekomstige maïsrij toegediend werd. De plaatsingsdiepte van de mest bij de Veenhuis zodenbemester was 5 - 8 cm (Figuur 9).



Figuur 1. Evers Garrano, zij aanzicht.



Figuur 2. Evers Garrano, vooraanzicht.



Figuur 3. Rijenbemesting met Evers Garrano.



Figuur 4. Mestplaatsing door Evers Garrano.



Figuur 5. Veenhuis Euroject Combi 4500 in rijenbemestermodus; de gegeven elementen zijn in het werk afgesloten.



Figuur 6. Bemesterelement van Veenhuis Euroject Combi met twee schijfopeners en twee mestuitlopen.



Figuur 7. Volvelds toegediende mest met de Veenhuis Euroject Combi bemester.



Figuur 8. In rijen toegediende mest met de Veenhuis Euroject Combi bemester.



Figuur 9. Mestplaatsing door Veenhuis Euroject Combi bemester.

Grondbewerking

De gangbare grondbewerking voor maïs op zandgrond is nog steeds ploegen direct na de mesttoediening en liefst dezelfde dag nog een zaaibed maken en inzaaien. Bij de huidige proef werd niet-kerende grondbewerking toegepast. Bij dit systeem is de meest gangbare methode dat de grond na de bemesting niet te diep (ca. 15 cm) bewerkt wordt met een cultivator en direct daarna wordt ingezaaid. In een aantal gevallen worden mesttoediening en grondbewerking, bijvoorbeeld met een schijveneg achter de bemester gecombineerd.

In het experiment werden bij de rijenbemesting twee grondbewerkingsbehandelingen toegepast:

- Niet-kerende grondbewerking vóór de bemesting; hierbij werd de mest na toediening niet meer door grondbewerking verspreid.
- Niet-kerende grondbewerking na de bemesting; hierbij werd een zaaibed gemaakt door een niet kerende bewerking tot 10 - 15 cm diepte in dezelfde werkrichting als bij de bemesting. De mest werd hierdoor in beperkte mate verspreid. Deze methode lijkt op de gangbare praktijk na mesttoediening.

Bij de volveldstoediening werd gekozen voor een grondbewerking na de bemesting, zoals gangbaar. De nulveldjes (object A) werden bewerkt op hetzelfde tijdstip als de grondbewerking na de bemesting. De grondbewerking werd uitgevoerd met een Wifo tweebalks vastetandcultivator met 5 tanden op de eerste balk en 4 tanden op de tweede balk. De onderlinge afstand van tanden was 30,5 cm. De cultivator was uitgerust met smalle beitels (60 mm breed). De bewerkingsdiepte varieerde van 10 tot 15 cm, gemiddeld ongeveer 12 cm. Op 20 april is de grondbewerking vóór het bemesten uitgevoerd op de objecten F, G, J en K. Op 21 april werd op alle objecten drijfmest toegediend. De grondbewerking na de bemesting, op de objecten A, B, C, D, E, H en I, vond een week later plaats (op 28 april) op dezelfde wijze als vóór de bemesting.

Zaaien en meting van de plaatsingsnauwkeurigheid

Op 2 mei werd het proefveld ingezaaid met een achtrijige precisiezaaimachine (merk Kleine). Alle objecten zijn ingezaaid met het ras Torres met een zaaidichtheid van 95.000 zaden per hectare. De zaaidiepte was voor alle objecten 5 cm. Bij het zaaien werden met behulp van RTK-DGPS dezelfde opgeslagen sporen gevolgd die eerder uitgereden waren als markeersporen voor de bemester. Op deze wijze werd bereikt dat de trekker zo goed mogelijk hetzelfde spoor volgde als de bemester.

Bij de veldjes met rijenbemesting werd gemeten hoe nauwkeurig de twee meststreven aan weerszijden van de maïsrij geplaatst waren. Dit werd gedaan met behulp van Topcon RTK-DGPS apparatuur, waarmee met de hand locaties in het veld nauwkeurig kunnen worden vastgelegd. Hiermee werd direct na de bemesting eerst de positie precies tussen de twee meststreven (positie van één van de toekomstige maïsrijen) vastgelegd aan beide zijden van de netto veldjes. Na het zaaien werden vervolgens de posities van de bijbehorende zaairij aan beide zijden van de netto veldjes vastgelegd. Met deze gegevens werd per veldje de zijdelingse afwijking van de mestplaatsing ten opzichte van de geplande plaatsing aan weerszijden van het zaad berekend.

Mestgiften, gewasverzorging en oogst

De rundveedrijfmest bevatte 4,11 kg N, 1,49 kg P_2O_5 en 4,3 kg K_2O per ton. De giften N, P_2O_5 en K_2O waren daarmee respectievelijk 62, 22 en 64 kg/ha voor de mestgift van 15 ton/ha en 144, 52 en 150 kg/ha voor de mestgift van 35 ton/ha. Op 3 mei werd op object A 150 kg K_2O als Kali-40 gestrooid en op de objecten B, D, F, H en J 85 kg K_2O om te compenseren ten opzichte van de veldjes met een drijfmestgift van 35 ton/ha en om Kali gebrek te voorkomen.

De maïs kwam één week na zaaien op en op 24 mei werd het onkruid bestreden met een mix van de middelen Mikado (0,5 l/ha), Samson (0,75 l/ha), Starane (0,25 l/ha) en Gardo Gold (2 l/ha). Het onkruid werd hiermee effectief bestreden.

Op 6 juni werd 30 mm beregend met een beregeningskanon, om het neerslagtekort op te heffen. Op 10 juni werd op alle veldjes de gewaslengte en de plantdichtheid bepaald en werd een standcijfer gegeven. In juni waren neerslag en verdamping in evenwicht; 10 juli werd nogmaals 30 mm beregend.

Op 11 oktober werd de veldjes geoogst met een 2-rijige proefveld hakselaar. Bij elk veldje werd uit het geoogste product een gewasmonster genomen voor de bepaling van het droge stofgehalte, de voederwaarden en de gehalten N en P per veldje. De perceels- en teelt- en bewerkingsgegevens staan weergegeven in Bijlage III.

Statistische analyse

Als basis werd variantieanalyse (ANOVA) toegepast om de gemiddelden per object te presenteren en te toetsen of de objecten A tot en met K significant van invloed waren op de gemeten gewasparameters. Vervolgens werden nadere statistische analyses uitgevoerd om te onderzoeken of de gewasparameters werden beïnvloed door de wijze van toediening (zodenbemesting of injectie), de mestplaatsing (volvelds- of rijenbemesting), de timing van de grondbewerking (voor of na de bemesting) en de mestgift (15 of 35 ton/ha).

Na de eerste analyses bleek dat de wijze van toediening bij rijenbemesting (zodenbemester dan wel bouwlandinjecteur) alleen significant van invloed was op de P opname. Daarom werden de data voor alle andere gewasparameters opnieuw gegroepeerd in drie bemestingsmethoden:

- Volveds met grondbewerking na bemesting (Volved - Grbew).
- Rijenbemesting met grondbewerking voor de bemesting (Grbew - Rij).
- Rijenbemesting met grondbewerking na de bemesting (Rij - Grbew).

De effecten van de bemestingsmethoden en de mestgift werden vervolgens geanalyseerd met multipale lineaire regressie, gebruikmakend van de REML procedure in Genstat. De veldjes zonder bemesting werden in deze analyses niet meegenomen.

Voor berekening van de mestbenutting van N en P per veldje zijn voor de N en P opname constanten gebruikt gebaseerd op de opnames op de onbemeste veldjes en op de N en P giften met de mest. Deze constanten mogen feitelijk niet voor elk veldje als constante verondersteld worden vanwege variatie in N en P gehalten in de grond en in de toegediende mest en ook in de hoeveelheid mest die per veldje toegediend werd. De bepaling van de mestbenutting is hierdoor per object minder nauwkeurig dan wanneer deze waarden per veldje bepaald waren. Omdat een proef waarin deze variabelen meegemeten worden praktisch niet te realiseren is wordt echter volstaan met de aanname dat ze constant zijn. Aangenomen wordt dat de kans op foute conclusies klein is als er significante invloeden van de objecten op de N en P benutting aangetoond worden ondanks de variabiliteit die geïntroduceerd wordt door de hiervoor genoemde aanname.

3. Resultaten

3.1 Plaatsingsnauwkeurigheid

Nadat de coördinaten van de meststreven waren vastgelegd op 21 april werden op 2 mei, direct na zaai, de zaai-rijen ingemeten. Omdat op een aantal plekken de mest onverwacht meer dan 10 cm uit het midden van de zaai-rij lag werden op 28 juni ter controle de maisrijen nogmaals opgemeten, nu in het staande gewas. Het verschil tussen de eerste en de tweede waarneming was steeds kleiner dan 4 cm en gemiddeld 1 cm. De afwijking van de middellijn tussen de meststreven ten opzichte van de zaai-rij varieerde van 9 cm rechts tot 19 cm links van de zaai-rij, gezien in de rijrichting van de bemester. 90 % van de waarnemingen lag in de range van een afwijking van 3 cm rechts tot 13 cm links van de zaai-rij. De gemiddelde (systematische) afwijking was 5 cm links van de zaai-rij. Er waren geen verschillen in nauwkeurigheid tussen de objecten.

3.2 Gewasontwikkeling

De maand mei was warm en zeer droog vergeleken met het meerjarig gemiddelde (zie Bijlage IV). De gemiddelde etmaal temperatuur bedroeg 14,9 °C. De referentie gewasverdamping in mei bedroeg 100 mm en de neerslag 14 mm. Desondanks verliepen kieming en opkomst van de mais vlot op de netto veldjes (Tabel 2). De opkomst was een week na het zaaien. Het aantal planten per 10 meter rij en de plantlengte verschilden niet tussen de objecten. De plantdichtheid op de netto proefveldjes varieerde van 87.000 tot 96.000 planten per ha. De gewasstand op de netto veldjes werd voor de objecten met eerst grondbewerking en daarna rijenbemesting met 35 ton/ha visueel wat minder goed beoordeeld vergeleken met de andere objecten. Op de bruto veldjes van de objecten met eerst grondbewerking en daarna rijenbemesting met 15 ton/ha leek het zaad op verschillende plaatsen te droog te liggen en kwam niet op. Waarom de netto veldjes hier geen last van hadden en de bruto veldjes wel kon niet goed verklaard worden.

Tabel 2. Aantal planten per 10 m netto rij, standcijfers en plantlengte op 10 juni 2011.

Object	Toedienmethode	Grondbewerking voor of na bemesten	Mestgift (ton/ha)	Aantal planten (per 10 m rij)	Gewasstand	Plantlengte (cm)
A	(Volvelds)	(Na)	0	69,5	7,2	26,2
B	Volvelds	Na	15	68,9	7,9	30,2
C	Volvelds	Na	35	69,1	8,1	30,4
D	In rij (Z) ¹⁾	Na	15	69,0	7,7	28,7
E	In rij (Z)	Na	35	69,6	8,1	30,3
F	In rij (Z)	Voor	15	69,1	7,1	28,2
G	In rij (Z)	Voor	35	69,9	6,5	28,5
H	In rij (I) ²⁾	Na	15	70,5	8,1	30,1
I	In rij (I)	Na	35	66,9	7,9	28,3
J	In rij (I)	Voor	15	68,7	7,5	28,4
K	In rij (I)	Voor	35	68,1	7,0	27,5
F-prob				n.s.	0,01	n.s.
lsd (P<0,05)				-	0,9	-

¹⁾ Z = zodenbemester.

²⁾ I = bouwlandinjecteur.

Op 6 juni werd 30 mm beregend met een beregeningskanon, om het neerslagtekort op te heffen. Ook in juni was er een neerslagtekort van ca. 30 mm; op 10 juli werd nogmaals 30 mm beregend. Vanaf half juli tot half september was het zeer nat, de neerslag overschreed ruimschoots de verdamping. Al met al was de vochtvoorziening van het gewas ruim, waardoor er geen groeiremming door droogte is opgetreden.

3.3 Opbrengst en kwaliteit

Het drogestofgehalte van de snijmais bij de oogst bedroeg ongeveer 40% en verschilde niet tussen de objecten. Het opbrengstniveau was zeer hoog, met name gelet op het relatief lage N-bemestingsniveau van 62 en 144 kg N per hectare. Er was een duidelijk verschil in opbrengst tussen de objecten (Tabel 3). Alle objecten hadden een significant hogere drogestofopbrengst dan het 0-object (object A geen bemesting).

Tabel 3. Opbrengst van de snijmais bij de verschillende objecten.

Object	Toedienmethode	Grondbewerking voor of na bemesten	Mestgift (ton/ha)	Opbrengst vers (ton/ha)	Ds-gehalte (%)	Opbrengst d.s. (ton/ha)
A	(Volvelds)	(Na)	0	33,4	39,9	13,3
B	Volvelds	Na	15	39,0	40,8	15,9
C	Volvelds	Na	35	42,7	40,0	17,0
D	In rij (Z) ¹⁾	Na	15	38,3	42,0	16,0
E	In rij (Z)	Na	35	45,0	40,4	18,1
F	In rij (Z)	Voor	15	43,6	40,7	17,7
G	In rij (Z)	Voor	35	45,8	40,4	18,5
H	In rij (I) ²⁾	Na	15	42,2	40,3	17,0
I	In rij (I)	Na	35	41,8	42,2	17,5
J	In rij (I)	Voor	15	40,7	41,6	16,9
K	In rij (I)	Voor	35	46,6	37,9	17,7
F-prob				<0,001	n.s.	<0,001
Isd (P<0,05)				4,0	-	1,2

¹⁾ Z = zodenbemester.

²⁾ I = bouwlandinjecteur.

Nadere analyse van de drogestofopbrengst liet zien dat zowel de bemestingsmethode als de mestgift significant van invloed waren (Tabel 4). De mestgift had een significant effect op de opbrengst bij het object met rijenbemesting voor de grondbewerking (Rij - Grbew). Rijenbemesting na de grondbewerking (Grbew - Rij) had een significant hogere opbrengst dan de praktijk (Volveld - Grbew). Dit was niet het geval als de grondbewerking na de rijenbemesting werd uitgevoerd. Er was geen interactie-effect van bemestingsmethode en mestgift.

De voederkwaliteit van de maïs, uitgedrukt in VEM en Ruw as, was niet verschillend tussen de afzonderlijke objecten (Tabel 5). Gegroepeerd per bemestingsmethode was de VEM hoger voor de rijenbemestingsmethoden dan voor de volveldsmethode. Het verschil in VEM was echter alleen statistisch significant tussen volveldstoediening met daarna de grondbewerking en rijentoediening met daarvoor de grondbewerking bij 15 ton/ha (Tabel 6).

Tabel 4. Gemiddelde drogestofopbrengst (ton/ha) per bemestingsmethode en mestgift.

Bemestingsmethode	Vergelijk	Mestgift (ton/ha)		Isd (P<0,05)
		15	35	
1. Volveld - Grbew		15,90	17,02	1,24
2. Grbew - Rij		17,27	18,08	0,87
3. Rij - Grbew		16,48	17,82	0,87
Isd (P<0,05)	1 - 2 en 1 - 3	1,07	1,07	
	2 - 3	0,87	0,87	

Tabel 5. Kwaliteit van de snijmais bij de verschillende objecten.

Object	Toedienmethode	Grondbewerking voor/na bemesten	Mestgift (ton/ha)	VEM	Ruw as (g/kg ds)
A	(Volvelds)	(Na)	0	965	31,7
B	Volvelds	Na	15	933	30,2
C	Volvelds	Na	35	942	31,0
D	In rij (Z) ¹⁾	Na	15	959	29,2
E	In rij (Z)	Na	35	955	29,0
F	In rij (Z)	Voor	15	970	30,7
G	In rij (Z)	Voor	35	959	29,5
H	In rij (I) ²⁾	Na	15	946	31,0
I	In rij (I)	Na	35	959	32,2
J	In rij (I)	Voor	15	966	28,2
K	In rij (I)	Voor	35	944	30,7
F-prob				n.s.	n.s.
Isd (P<0,05)				-	-

¹⁾ Z = zodenbemester.

²⁾ I = bouwlandinjecteur.

Tabel 6. Gemiddelde VEM per bemestingsmethode en mestgift.

Bemestingsmethode	Vergelijk	Mestgift (ton/ha)		Isd (P<0,05)
		15	35	
1. Volveld - Grbew		933	942	27
2. Grbew - Rij		968	951	19
3. Rij - Grbew		953	957	19
Isd (P<0,05)	1 - 2 en 1 - 3	24	24	
	2 - 3	19	19	

3.4 Mineralenopname en -benutting

In Tabel 7 staan de N en P gehalten en N en P opnamen door de maïs.

Tabel 7. N en P gehalten en N en P opname van de snijmaïs.

Object	Toedien- methode	Grondbewerking voor/na bemesten	Mestgift (ton/ha)	Ntot (g/kg ds)	N opname (kg/ha)	N benutting (%) ³⁾	P (g/kg ds)	P opname (kg/ha)	P benutting (%) ³⁾
A	(Volvelds)	(Na)		7,50	100		2,05	27	-
B	Volvelds	Na	15	8,05	128	46	1,92	30	36
C	Volvelds	Na	35	9,27	158	40	1,80	30	14
D	In rij (Z) ¹⁾	Na	15	8,45	135	58	2,02	32	54
E	In rij (Z)	Na	35	9,45	171	49	1,70	31	16
F	In rij (Z)	Voor	15	8,62	153	86	2,05	36	95
G	In rij (Z)	Voor	35	9,75	181	56	1,85	34	32
H	In rij (I) ²⁾	Na	15	8,47	144	71	1,92	33	59
I	In rij (I)	Na	35	9,80	172	50	1,77	31	18
J	In rij (I)	Voor	15	8,45	142	69	1,85	31	41
K	In rij (I)	Voor	35	9,77	172	50	1,67	29	11
F-prob				<0,001	<0,001	0,031	0,022	0,029	0,008
lsd (P<0,05)				0,66	18	24	0,23	4	40

¹⁾ Z = zodenbemester.

²⁾ I = bouwlandinjecteur.

³⁾ Weergegeven is de apparent recovery ten opzichte van object A, berekend als $100 * ((N\text{-opname bemest} - N\text{-opname onbemest}) / N\text{-totaal})$. (Idem voor de P-benutting).

Fosfaat

Er was effect van de objecten op de P-gehalten van de maïs, de P opname en de P benutting. De P-gehalten varieerden tussen 1,67 en 2,05 g/kg ds, met de laagste gehalten bij de hoge mestgift. De P-opname was gemiddeld 31 kg P per ha, equivalent aan 71 kg P₂O₅. Deze opname was hoger dan de fosfaatbemesting van respectievelijk 22 kg en 52 kg P₂O₅ (10 en 23 kg P/ha) voor de hoge en lage gift. De P-opname was het laagst op het niet bemeste veldje en opvallend hoog bij de Veenhuis rijenbemester met lage mestgift (object F). De P benutting was het hoogst bij de lage mestgift en opvallend hoog (evenals de N benutting) bij de Veenhuis rijenbemester met lage mestgift (object F).

Uit statistische analyse van de data voor rijenbemesting bleek dat de wijze van plaatsing (zodenbemester of injecteur) alleen invloed had op de P opname. Deze bleek hoger bij de zodenbemester (33 kg/ha) dan bij de injecteur (31 kg/ha). Om de invloed van mestgift, plaatsing en grondbewerking te analyseren is verder gerekend met de gemiddelde opname voor de twee machines en werden de objecten weer gegroepeerd zoals bij analyse van de overige gewasparameters.

Het P gehalte van de maïs was hoger bij de lage mestgift van 15 ton/ha dan bij de hoge de mestgift van 35 ton/ha (Tabel 8). Het verschil in P gehalte bij de mestgiften was alleen statistisch significant bij rijenbemesting. De bemestingsmethoden hadden geen significant effect.

Mestgift en bemestingsmethode hadden geen effect op de P-opname. Deze was voor alle bemeste objecten gemiddeld 31,6 kg P/ha.

De P-benutting was aanzienlijk lager bij een mestgift van 35 ton/ha (gemiddeld 17%) dan bij 15 ton/ha (gemiddeld 49%), zoals te verwachten bij gelijke P-opname (Tabel 9). Dit verschil was alleen significant bij rijenbemesting. De bemestingsmethode had geen effect op de P-benutting.

Tabel 8. Gemiddelde P-gehalte (g/kg ds) per bemestingsmethode en mestgift.

Bemestingsmethode	Mestgift (ton/ha)		Isd (P<0,05)
	15	35	
Volveld - Grbew	1,92	1,80	0,25
Grbew - Rij	1,95	1,76	0,18
Rij - Grbew	1,97	1,74	0,18
Isd (P<0,05)	-	-	

Tabel 9. Gemiddelde P-benutting (%) per bemestingsmethode en mestgift.

Bemestingsmethode	Mestgift (ton/ha)		Isd (P<0,05)
	15	35	
Volveld - Grbew	36	14	43
Grbew - Rij	68	21	31
Rij - Grbew	56	17	31
Isd (P<0,05)	-	-	

Stikstof

Er was effect van de objecten op zowel de N-gehalten, de N opname en de N benutting van de maïs (Tabel 7). De N-gehalten varieerden van 7,5 (g/kg ds) voor de onbemeste veldjes tot 9,8 (g/kg ds) voor veldjes met een hoge mestgift in rijenbemesting met de bouwlandinjecteur met grondbewerking na de bemesting. De N opname volgt ongeveer hetzelfde patroon als de N gehalten: laag voor de onbemeste veldjes en het hoogst voor veldjes met hoge mestgift in rijenbemesting. De N benutting was consequent hoger in de veldjes met lage mestgift, vergeleken met veldjes met dezelfde behandeling en een hoge mestgift.

Nadere analyse van de effecten van de drie onderscheiden bemestingsmethoden en de mestgift liet zien dat het overall effect van de mestgift op het N-gehalte en de totale N opname statistisch significant was (Tabellen 10 en 11). Het N gehalte en de totale N opname namen toe met hogere mestgift. De N-gehalten en de N opname waren hoger voor de rijenbemesting dan voor volvelds toediening, maar dit effect was niet significant voor het N-gehalte. De toename van de N-opname door rijenbemesting, vergeleken met volvelds toediening, was alleen bij rijenbemesting na de grondbewerking statistisch significant, bij beide mestgiften. De N opname bedroeg gemiddeld over de bemestingsmethoden 138 kg N per hectare bij een mestgift van 62 kg N per hectare en 169 kg N per hectare bij een mestgift van 144 kg N per hectare.

Tabel 10. Gemiddelde N-gehalte (g/kg ds) per bemestingsmethode en mestgift.

Bemestingsmethode	Mestgift (ton/ha)		Isd (P<0,05)
	15	35	
Volveld - Grbew	8,05	9,27	0,65
Grbew - Rij	8,54	9,76	0,46
Rij - Grbew	8,46	9,62	0,46
Isd (P<0,05)	-	-	

Tabel 11. Gemiddelde N-opname (kg/ha) per bemestingsmethode en mestgift.

Bemestingsmethode	Vergelijk	Mestgift (ton/ha)		Isd (P<0,05)
		15	35	
1. Volveld - Grbew		128	158	18
2. Grbew - Rij		148	177	12
3. Rij - Grbew		140	171	12
Isd (P<0,05)	1 - 2 en 1 - 3	15	15	
	2 - 3	12	12	

De gemiddelde N benutting (apparent recovery) was hoger (gemiddeld 62%) bij 62 kg N bemesting dan bij 144 kg N bemesting (gemiddeld 48%). Per bemestingsmethode geanalyseerd was dit verschil alleen significant voor rijenbemesting na de grondbewerking (Tabel 12).

De N benutting was in het algemeen hoger voor rijenbemesting dan voor volvelds toediening, maar per mestgift geanalyseerd was alleen het verschil tussen volvelds en rijenbemesting na de grondbewerking statistisch significant bij een mestgift van 15 ton/ha.

Tabel 12. Gemiddelde N-benutting (%) per bemestingsmethode en mestgift.

Bemestingsmethode	Vergelijk	Mestgift (ton/ha)		Isd (P<0,05)
		15	35	
1. Volveld - Grbew		46	40	24
2. Grbew - Rij		77	53	17
3. Rij - Grbew		64	50	17
Isd (P<0,05)	1 - 2 en 1 - 3	21	21	
	2 - 3	17	17	

4. Discussie

Door het 'op het zicht' volgen van een eerder uitgereden trekkerspoor plaatste de bemester (zonder RTK-DGPS) de mest in deze proef systematisch 5,4 cm naast de toekomstige maïsrij met bovendien een aanzienlijke spreiding. Het is waarschijnlijk moeilijk om 'op het zicht' met de bemester heel precies eerder gereden sporen in het veld te volgen. Speciaal op de relatief kleine plots hield het zicht van de chauffeur op de sporen al ruim voor het eind van het veldje op, zodat hij op gevoel verder moest rijden. Daardoor is het resultaat zoals gerealiseerd in deze proef waarschijnlijk slechter dan wanneer de methode op langere trajecten toegepast zou worden zoals in de praktijk het geval zal zijn. Opvoeren van de nauwkeurigheid van plaatsing kan door op de bemester en zaaimachine eenzelfde RTK-DGPS geleiding toe te passen. De praktische mogelijkheden voor informatie-uitwisseling en afstemming tussen de eventueel verschillende GPS systemen (van bemester en zaaimachine) zoals die in de praktijk voorkomen, moeten worden verkend maar zijn in principe aanwezig. Daarnaast wordt aanbevolen om te onderzoeken hoe belangrijk de nauwkeurigheid van plaatsing is voor de maïsopbrengst en de mestbenutting.

De gewasopbrengst was significant hoger bij rijenbemesting na de grondbewerking, vergeleken met volveldstoediening vóór de grondbewerking (praktijk). De proef was niet geheel orthogonaal opgezet in de zin dat er geen objecten met volveldstoediening na de grondbewerking waren. Daardoor is het theoretisch mogelijk dat het latere tijdstip van grondbewerking voor de objecten 'geen bemesting', 'volveldstoediening' en 'rijenstoediening vóór de grondbewerking' verantwoordelijk geweest is voor een algemeen lager opbrengstniveau van die objecten. Uit de data voor de plantaantallen, gewasstand en gewaslengte op 10 juni ontstaat echter niet de indruk dat er vertraging in de groei is opgetreden. Visueel beoordeeld waren het juist de hoog opbrengende veldjes met rijenbemesting na de 'vroege' grondbewerking die in de bruto rijen een mindere stand hadden. De conclusie lijkt daarom gerechtvaardigd dat de hoge opbrengst bij rijenbemesting na de grondbewerking in deze proef veroorzaakt werd door de wijze van mestplaatsing en niet door het tijdstip van grondbewerking.

De veronderstelling dat het geselecteerde perceel arm was aan nutriënten en daardoor een goede respons op mesttoediening zou geven bleek voor wat betreft de P-beschikbaarheid, onjuist. Uit de bodemanalyse bleek achteraf namelijk dat de P-beschikbaarheid op dit perceel hoog was (P-PAE van 9,1 mg P). Desondanks vertoonde het perceel een goede respons op mesttoediening, zoals blijkt uit de significante verschillen in gewasopbrengst bij elk van beide mestgiften. Mogelijk heeft het droge voorjaar (zie Bijlage IV) hieraan bijgedragen omdat droogte de beschikbaarheid van P in de bodem beperkt. De positieve reactie op plaatsing heeft wellicht ook te maken met een verbeterde N-voorziening. Het is namelijk opvallend dat rijenbemesting, ongeacht de gevolgde methode, bij krappe bemesting (15 ton mest per ha) tot hogere N-concentraties in het gewas leidt dan volveldse bemesting, terwijl de P-concentraties door bemesting niet veranderen ten opzichte van de onbemeste controle (Tabel 7). Eén en ander impliceert dat grotere positieve effecten van rijenbemesting met dierlijke mest verwacht mogen worden naarmate de voorziening met mineralen minder is door hetzij een krappe mestgift, hetzij een relatief lage bodemvruchtbaarheid. De P-toestand, het organische stof gehalte en/of kennis van bemestingshistorie ('hoeveelheden aangevoerde mest in het recente verleden') bieden daarvoor enig houvast.

Omdat rijenbemesting niet alleen de drogestofopbrengst maar ook de stikstof- en fosfaatopbrengst verhoogde, werd per kilogram mest-N en -P ook meer N en P van het perceel afgevoerd. Dit verlaagde de N- en P-bodemoverschotten en verhoogde bijgevolg de mestbenutting aanmerkelijk (Tabellen 9 en 12). Dit effect was kleiner naarmate ruimer bemest werd. Pas als een andere manier van bemesten, hier rijenbemesting, leidt tot een geringer overschot op de mineralenbalans via een verhoogde afvoer van mineralen, is er geen verlaging van giften nodig om een bepaald milieudoel toch te kunnen realiseren. Echter, zonder zo'n verhoogde afvoer (opbrengsteffect) kunnen maatregelen die gericht zijn op 'efficiënter bemesten' alleen dan tot een beter milieuresultaat leiden als giften verlaagd worden. Bij hoge giften hebben 'efficiëntere manieren van bemesten' geen enkele invloed op de hoeveelheid afgevoerde mineralen, blijven bodemoverschotten gelijk en zijn milieueffecten nihil. De hier gerapporteerde resultaten geven aan dat milieuwinst mogelijk is door zonder verlies van gewasopbrengst de mineralenaanvoer te verlagen.

Statistische analyse van de effecten van de wijze van rijenbemesting (zodenbemester of bouwlandinjecteur) liet zien dat er geen significante verschillen in opkomst, gewasstand, gewasopbrengst, voederkwaliteit, N- en P-gehalte, N-opname en N- en P-benutting waren voor de twee bemesters. De uitzondering was de P-opname, die groter was bij gebruik van de zodenbemester, met name bij bemesting na de grondbewerking. De machines verschilden principieel in twee opzichten van elkaar:

- De bouwlandinjecteur had een woelpoot die de grond 23 cm diep losmaakte ter plaatse van de toekomstige maïsrij en toedekschijven en een aandrukrol die de grond na de mesttoediening weer aandrukte ('sporen lossen'); de zodenbemester had dit niet;
- Bij beide machines werd de mest in twee sleuven aan weerszijden van de toekomstige zaairij geplaatst, maar de plaatsing was bij de mestinjecteur iets dieper (9 - 12 cm) dan bij de zodenbemester (5 - 8 cm).

Doordat er twee verschillen zijn is het in principe niet mogelijk te onderzoeken wat het effect is van de afzonderlijke verschillen tussen de machines. Omdat echter de diepte van plaatsing maar weinig verschilde en daarom waarschijnlijk geen effect gehad heeft, is het aannemelijk dat in deze proef ook het 'sporen lossen' bij de mestinjecteur geen effect gehad heeft. Bij het object grondbewerking na rijenbemesting is dit logisch omdat hier ook bij de zodenbemester de grond weer bewerkt werd. Bij het object grondbewerking vóór rijenbemesting (Grbew - Rij) betekent dit op het eerste gezicht dat het niet meer losmaken van de dichte grond in de sporen van de bemester kennelijk geen effect op de opkomst, gewasstand en opbrengst gehad heeft. We moeten echter wel beseffen dat bij de gewaswaarnemingen steeds de middelste twee rijen als representatief voor het hele veldje genomen zijn. Dit is in het geval van het object Grbew - Rij zeker niet juist geweest, getuige de slechte stand en opkomst op 7 van de 16 bruto Grbew - Rij veldjes, met name bij de bruto rijen direct naast de netto rijen (Figuur 11). Mogelijke verklaringen zijn verschillen in compactheid van de grond (Figuur 10: middelste rijen 'tussen' sporen, rijen daarbuiten midden in spoor, buitenste rijen niet bereiden) en daarmee samenhangend mogelijk hoogteverschillen in het zaaibed, indringing van de zaaikouters (zaaidiepte) en mate van uitdroging van de grond. Een afdoende verklaring voor het verschijnsel van de slechte stand en opkomst van de bruto rijen op de 'Grbew - Rij' veldjes kon echter niet gegeven worden. Vermeldenswaard is dat hoewel dit verschijnsel ook bij de mestinjecteur (met sporenlossing) voorkwam, de effecten daar minder sterk zichtbaar waren dan bij de zodenbemester (zonder sporenlossing).

De goede gewasresultaten in de middelste twee rijen bewijzen dat rijenbemesting met ondiepe plaatsing van de mest aan weerszijden van de toekomstige maïsrijen, positieve effecten kan hebben. Hoe dit op het hele veld gerealiseerd kan worden en niet alleen op de middelste twee rijen kan mogelijk worden onderzocht door:

- Proeven met wel of geen volvelds grondbewerking vooraf. Bij geen grondbewerking vooraf de grondbewerking integreren in de bemester, zodat een egaal, licht aangedrukt zaaibed verkregen wordt: volvelds bewerken vs. sporen lossen;
- Tijd tussen grondbewerken/bemesten zo kort mogelijk houden om uitdrogen van het zaaibed bij droog weer te voorkomen;
- Controle van juiste zaaidiepte bij alle zaairijen, mogelijk zaaimachine gebruiken met schijfopeners.



Figuur 10. Ligging van de mestsleuven en toekomstige maïsrijen (geel) ten opzichte van de bemestersporen bij het object rijenbemesting na grondbewerking.



Figuur 11. Veldje 12 met de meest extreem slechte opkomst/stand van de bruto rijen bij het object rijenbemesting na grondbewerking.

Hoewel geen trekkrachten gemeten zijn, mag ervan worden uitgegaan dat de zodenbemester veel minder trekkracht vroeg dan de bouwlandinjecteur omdat de grond bij de injecteur gewoeld werd. Om met hoge capaciteit te kunnen werken en brandstof te besparen zou het aan te bevelen zijn om tijdens de bemesting geen bewerking uit te voeren en de mest niet dieper te plaatsen dan noodzakelijk om NH₃ emissie te voorkomen. Voor een goede opkomst is het echter noodzakelijk dat een egaal zaaibed (volvelds of sporen lossen) gemaakt wordt. Op basis van de huidige resultaten heeft zodenbemesting de voorkeur omdat de trekkracht hierbij het laagst is. Verder onderzoek, ook onder minder droge omstandigheden dan in 2011, is echter nodig om tot een optimaal systeem van rijenbemesting te komen.

De toename van de gewasopbrengsten bij rijenbemesting gevolgd door niet-kerende grondbewerking (Rij - Grbew), vergeleken met volveldstoediening gevolgd door dezelfde grondbewerking, was kleiner dan bij Grbew - Rij en was niet statistisch significant. Waarom het effect hierbij kleiner was is niet goed te verklaren. Immers de mestverplaatsing door de grondbewerking was gering verondersteld en waarschijnlijk niet groter dan de onnauwkeurigheid van de rijenbemesting. De problemen met slechte stand van de bruto rijen kwamen in dit systeem niet voor. Een dergelijk systeem zou in de praktijk gemakkelijk ingang kunnen vinden omdat het veel lijkt op het huidige systeem waarbij grondbewerking en zaai in één, zo gunstig mogelijk tijdblok door de boer te plannen zijn. Mogelijk is dit systeem verder te optimaliseren door toepassing van beitels die de grond nog minder verplaatsen dan de in deze proef toegepaste beitels en door integratie van grondbewerking en zaaien in één bewerking. De toepassing van niet-kerende grondbewerking is op zandgronden nog niet de brede praktijk. Voor een vergelijking met de huidige praktijk zou de vergelijking gemaakt moeten worden met volveldstoediening met daarna ploegen en zaai-bedbereiding.

5. Conclusies

Vergeleken met volveldstoediening van dierlijke mest, benutte maïs de mest beter als deze geconcentreerd werd in ondergrondse stroken waar de maïs nadien tussen gezaaid werd ('rijenbemesting na grondbewerking'). Dit was sterker het geval naarmate het aanbod van N en P lager was: bij lage giften en/of lagere bodemvruchtbaarheid. Die betere benutting maakt het mogelijk om met behoud van opbrengst de overschotten van N en P op maïspcelen te verlagen en zo (kunst)mest uit te sparen en elders nuttig in te zetten. Opgemerkt moet worden dat bij rijenbemesting na grondbewerking de gewasstand buiten de proefrijen niet goed was. Dit kon niet goed verklaard worden.

Er was geen verschil in gewasopbrengst en mestbenutting tussen rijenbemesting met een zodenbemester en rijenbemesting met een bouwlandinjecteur uitgerust met woelpoten. In beide gevallen werd de mest relatief ondiep geplaatst aan weerszijden van de toekomstige maïsrij.

Grondbewerking na de mesttoediening heeft logistieke voordelen. De positieve effecten van rijenbemesting bleven echter maar ten dele behouden als een niet-kerende grondbewerking na de mestplaatsing werd uitgevoerd, met een veronderstelde minimale verspreiding van de mest. Dit was niet goed te verklaren, immers de veronderstelde mestverplaatsing door de grondbewerking was gering en waarschijnlijk niet groter dan de onnauwkeurigheid van de rijenbemesting.

GPS-positionering biedt mogelijkheden om bemesting en zaai te scheiden. Voor de synchronisatie van mestsleden en zaairijen werden eerst sporen uitgereden met RTK-DGPS, deze sporen werden gevolgd door de bemester (zonder RTK-DGPS) en vervolgens werd gezaaid met RTK-DGPS. Dit is wat op dit moment praktisch gerealiseerd is. De afwijking van de plaatsing van mest varieerde bij 90% van de metingen van 3,4 cm rechts tot 13,2 cm links van de toekomstige zaairij. Met een bemester met een RTK-DGPS systeem dat informatie kan uitwisselen met de trekker-GPS zou in principe een plaatsingsnauwkeurigheid van < 2 cm mogelijk moeten zijn. Het effect hiervan op de mestbenutting en opbrengst en de werkelijke nauwkeurigheid hiervan in de praktijk is nog niet aangetoond.

Literatuur

Schröder, J.J., L. ten Holte & G. Brouwer, 1997.

Response of silage maize to placement of cattle slurry. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45.: 249-261.

Smit, A.L., J.J. de Haan & K.B. Zwart, 2005.

Kan de akkerbouw en groenteteelt op zandgrond voldoen aan de nitraatnorm? Resultaten Experimenteel Onderzoek op de Kernbedrijven Vredepeel en Meterik. Rapport Telen met Toekomst OV0502.

Van der Schans, D., G. Meuffels, J.R. van der Schoot, W. van Dijk & B. Vermeulen, 2011.

Precisie plaatsing van drijfmest in maïs. Veldproeven met precieze plaatsing van mest ten opzichte van de maïsrij bij bemesten en zaaien in aparte werkgangen en het effect op bodemdichtheid en mineralenbenutting. PPO Publicatienr. 436, pp 28.

Van der Schoot, J.R. & W. van Dijk, 2001.

Rijenbemesting met dierlijke mest in maïs maakt kunstmest overbodig. PPO-bulletin Akkerbouw (2001-2) p. 13-17.

Van der Schoot, J.R., D.A. van der Schans, G.J.H.M. Meuffels & W. van Dijk, 2009.

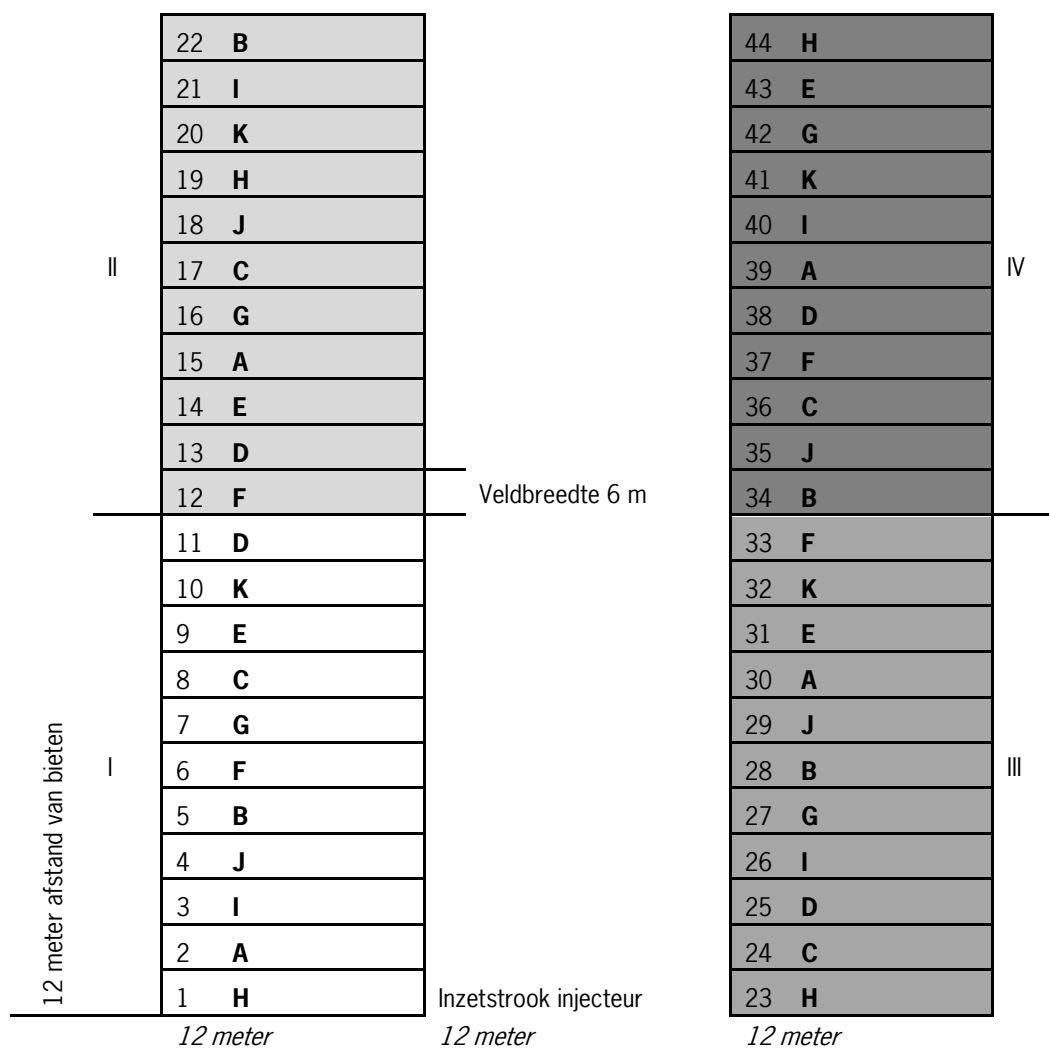
Precisietoepassing Drijfmest in maïs. Rapport Telers Mineralen Paraat PPO nr 3250145109 pp 13, 3 bijlagen.

Bijlage I.

Bodemanalyse

Karakteristiek	Dimensie	Waarde
Stikstof totaal	mg N/kg	1180
P beschikbaar (P-PAE)	mg P/kg	9,1
P-voorraad	mg P ₂ O ₅ /100g	78
K-beschikbaar	mg K/kg	52
Zwavel totaal	mg S/kg	240
Magnesium	mg Mg/kg	94
Natrium	mg Na/kg	8
Borium	µg B/kg	134
Zuurgraad	pH	5,2
Organische stof	%	3,8

Bijlage II. Proefveld lay-out



Bijlage III.

Perceels-, teelt- en bewerkinggegevens

Proefnummer PPO	VP 1721
Locatie	Vredepeel
Perceel	Twistweg Vissers West
Gewas	Snijmais
Voorvrucht	Consumptieaardappelen
Ras	Torres
Rijenafstand	75 cm
Afstand in de rij	14,1 cm
Zaaidiepte	5 cm
Veldjesgrootte	Bruto 6 meter bij 12 meter Netto 1,5 meter bij 10 meter
Aantal parallellen	4
Aantal objecten	11
Aantal veldjes	44
Grondbewerking vóór mestgift	Vastetandcultivator, smalle beitels, tandafstand ca. 30 cm, 12 cm diep, uitgevoerd op 20 april 2011
Grondbewerking na mestgift	Vastetandcultivator, smalle beitels, tandafstand ca. 30 cm, 12 cm diep, uitgevoerd op 28 april 2011
Bemesting	Op 21 april 2011, rundveedrijfmest met twee combinaties: Challenger 8333CVT + Evers Garanno bemester Challenger 8333CVT + Veenhuis Euroject Combi 4500 bemester
Zaaimoment	2 mei 2011
Zaaimethode	8 rijige precisiezaaimachine met RTK-GPS stuursysteem
Zaaizaadhoeveelheid	95.000 zaden per ha
Bemesting	Compensatie Kali op 3 mei 2011: object A met 375 kg/ha K40, objecten B, D, F, H, J met 213 kg/ha K40.
Onkruidbestrijding	Op 24 mei 2011, volgens praktijk
Beregening	6 juni 2011: 30 mm, haspel + sproeikanon 10 juli 2011: 30 mm, haspel + sproeikanon
Oogst	11 oktober 2011, PZ 2-rijige proefveldhakselaar

Bijlage IV.

Meteorologische gegevens locatie Vredepeel

Maand	Gem. etmaaltemperatuur (°C)		Neerslag (mm)		ET ref. (mm) *)
	1981 t/m 2010	2011	Gemiddeld 1981 t/m 2010	2011	2011
Maart	6,7	6,8	64	22	-
April	10,5	13,3	46	15	-
Mei	14,2	14,9	64	14	100
Juni	17,0	16,7	67	62	92
Juli	18,4	16,3	70	100	82
Augustus	18,2	17,5	72	135	76
September	15,3	15,8	69	36	56
Oktober	10,9	11,5	70	86	-

*) *Op basis van gegevens weerstation Volkel.*

