



Precisieplaatsing van drijfmest en grondbewerking in maïs

Bert Vermeulen, Jan Huijsmans & Gerard Meuffels





Precisieplaatsing van drijfmest en grondbewerking in maïs

Bert Vermeulen¹, Jan Huijsmans¹ & Gerard Meuffels²

¹ Plant Research International

² Praktijkonderzoek Plant en Omgeving

© 2013 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.wageningenUR/nl/pri

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
1.1 Aanleiding	3
1.2 Doelstellingen	4
1.3 Leeswijzer	4
2. Materiaal en methoden	5
3. Resultaten	9
3.1 Plaatsingsnauwkeurigheid	9
3.2 Het effect van woelen bij rijenbemesting	9
3.3 Gewasontwikkeling	10
3.4 Opbrengst en kwaliteit	10
3.5 Mineralenopname en -benutting	12
4. Discussie	15
5. Conclusies	17
Literatuur	19
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

Precisieplaatsing van dierlijke mest nabij de wortels van planten ('rijenbemesting') is een voorbeeld van een toedieningsmethode die mineralen beter beschikbaar maakt voor het gewas. Bij de introductie van rijenbemesting met dierlijke mest in de praktijk spelen echter logistieke problemen rondom bemesting, grondbewerking en zaaien. Een logische consequentie van rijenbemesting is ook dat de hoofdgrondbewerking uitgevoerd moet worden vóór de bemesting, omdat anders de mest weer wordt verspreid. Hierdoor kan de bodemstructuur onder ongunstige omstandigheden tijdens de bemesting aangetast worden. Deze nadelen van rijenbemesting met dierlijke mest bleken zo groot dat rijenbemesting met mest in maïs niet van de grond kwam.

Door toepassing van GPS stuursystemen kan de mest op elk willekeurig moment voor het zaaien, in stroken op 75 cm afstand, gelijk aan de gebruikelijke rijafstand in maïs, worden toegediend. Door vastlegging van de plaats van de injectiebanen kan de maïs op een later tijdstip precies boven of vlak naast de mestinjectiesleuven worden gezaaid, waardoor een deel van de logistieke problemen opgelost wordt. De noodzaak om de grondbewerking voorafgaand aan de rijenbemesting uit te voeren zou kunnen vervallen indien een niet-kerende grondbewerking na de rijenbemesting uitgevoerd kan worden, waarbij de mest niet te veel verspreid wordt. Evenals de huidige praktijk bij volveldsbemesting kan de rijenbemesting en 'grondbewerking + zaai' dan onafhankelijk van elkaar in de tijd worden uitgevoerd. Hierdoor worden logistieke problemen voorkomen en hangt het tijdstip van grondbewerken en zaaien niet langer af van de mesttoediening. Onderzoek in 2011 toonde aan dat de positieve effecten van rijenbemesting maar ten dele behouden bleven als een niet-kerende grondbewerking na de mestplaatsing werd uitgevoerd. 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.

In dit rapport wordt verslag gedaan van een veldexperiment in 2012, waarin verschillende toedienmethoden (volveldsinjectie en rijenbemesting), verschillende grondbewerkingsstrategieën (vóór of na de rijenbemesting) en de meerwaarde van het gebruik van woelputten op de rijenbemester werden onderzocht bij twee mestgiften.

Vergeleken met volveldstoediening van dierlijke mest was de drogestofopbrengst hoger als deze geconcentreerd werd in ondergrondse stroken waar de maïs vlak naast gezaaid werd ('rijenbemesting'). Daarbij benutte maïs de N in de mest beter, zowel bij lage als bij hoge mestgiften. Die betere benutting maakt het mogelijk om de overschotten van N op maïspcelen te verlagen en zo (kunst)mest uit te sparen en deze eventueel elders nuttig in te zetten.

Het bleek mogelijk om een niet-kerende grondbewerking na de rijenbemesting uit te voeren, waarbij de mest maar weinig werd verspreid en het positieve effect van rijenbemesting behouden bleef.

Het toepassen van woelputten op de rijenbemester, op de plaats van de toekomstige zaairijen, gaf wisselende resultaten bij de verschillende mestgiften en grondbewerkingsstrategieën. Een logische verklaring voor de resultaten is niet eenvoudig te geven, omdat het woelen invloed kan hebben op vele zaken die de opbrengsten en de opname van N en P bepalen.

Voor de synchronisatie van mestleuven 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 ten opzichte van de toekomstige maïsrijen varieerde bij 90% van de metingen van 0 tot 6 cm.

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. Dit leidt bovendien tot een lagere milieubelasting vanwege een lager bodemoverschot. Plaatsing van dierlijke mest nabij de wortels van planten ('rijenbemesting') is een voorbeeld van een toedieningsmethode die mineralen beter beschikbaar maakt (Schröder *et al.*, 1997; Van der Schoot & Van Dijk, 2001; Smit *et al.*, 2005).

Bij de introductie van rijenbemesting met dierlijke mest in de praktijk spelen echter logistieke problemen tijdens het zaaien. De uitrijcapaciteit van gecombineerde mest-zaaimachines is namelijk te gering voor de relatief korte periode waarin maïs wordt gezaaid om dit systeem op een groot areaal toe te passen. Een logische consequentie van precisiebemesting is ook dat de hoofdgrondbewerking uitgevoerd moet worden vóór de bemesting, omdat anders de mest weer wordt verspreid. Hierdoor kan de bodemstructuur onder ongunstige omstandigheden tijdens de bemesting aangetast worden. De hiervoor genoemde nadelen van rijenbemesting met dierlijke mest bleken zo groot dat rijenbemesting met mest in maïs niet van de grond kwam. De toepassing van GPS stuursystemen biedt echter nieuwe perspectieven voor rijenbemesting. Mest zou dan namelijk met hoge capaciteit op elk willekeurig moment voor het zaaien, in stroken op 75 cm afstand, gelijk aan de gebruikelijke rijafstand in maïs, kunnen worden toegediend. De plaats van de injectiebanen kan worden vastgelegd en de maïs kan, in een aparte werkgang op een later tijdstip, precies boven of vlak naast de mestinjectiesleuven worden gezaaid. Dit gaat niet ten koste van de zaaicapaciteit.

Onderzoek in 2009 en 2010 (Van der Schoot *et al.*, 2009; Van der Schans *et al.*, 2011) leverde wisselende resultaten wat betreft de gehaalde precisie van de plaatsing van mest en zaad en gaf geen eenduidige eindconclusies over het effect van de plaatsing van de mest ten opzichte van het zaad (plaatsingsdieptes, onderlinge afstand), over de noodzakelijkheid van het lostrekken van de wielsporen van het mestvoertuig met behulp van tanden in de bemester en over een positief effect van de rijenbemesting op de opbrengst of mineralenbenutting.

In 2011 is uitgebreider gemeten aan twee nieuwe rijenbemesters, een zodenbemester en een bouwlandinjecteur, die van elkaar verschilden in plaatsingsdiepte van de mest en in het lostrekken van de grond (Vermeulen *et al.*, 2012). In dit onderzoek werden ook de effecten van een niet kerende grondbewerking vóór of na de rijenbemesting meegenomen. Verondersteld werd dat een (niet-kerende) grondbewerking na het bemesten uitgevoerd kon worden zonder dat de mest te veel 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 het tijdstip van grondbewerken en zaaien niet afhangt van de mesttoediening. Dit onderzoek bevestigde dat de mest door de maïs beter werd benut als deze geconcentreerd werd in twee ondergrondse naast elkaar gelegen stroken waar de maïs nadien tussen gezaaid werd ('rijenbemesting na grondbewerking'). Er was geen verschil in gewasopbrengst en mestbenutting tussen rijenbemesting met een zodenbemester en rijenbemesting met een bouwlandinjecteur uitgerust met woelpoten. In beide gevallen was de mestplaatsing relatief ondiep aan weerszijden van de toekomstige maïsrij. De positieve effecten van rijenbemesting bleven maar ten dele behouden als een niet-kerende grondbewerking na de mestplaatsing werd uitgevoerd. 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.

In 2012 is daarom met name aandacht besteed aan de grondbewerking in combinatie met rijenbemesting. Bij dit onderzoek is uitgegaan van een bouwlandinjecteur voor de rijenbemesting. Het zaaien werd uitgevoerd rechtstreeks na de rijenbemesting en rechtstreeks na een niet kerende grondbewerking die werd uitgevoerd volgend op de rijenbemesting. De bouwlandinjecteur injecteerde de mest aan weerszijden van de toekomstige zaairij en was voorzien van een woelpoot op de positie van de zaairij. De eventuele meerwaarde van het extra losmaken van de grond met deze woelpoot werd meegenomen in het onderzoek. Zo'n woelpoot vraagt namelijk extra trekkracht en wordt niet toegepast bij een zodenbemester.

1.2 Doelstellingen

Het hier beschreven onderzoek had tot doel om de effecten van rijenbemesting op de benutting van mest bij snijmaïs te onderzoeken bij gescheiden werkgangen van bemesting en zaai, in relatie tot het tijdstip van grondbewerking (voor of na de rijenbemesting). Voortbouwend op de resultaten van de voorgaande jaren waren de specifieke doelstellingen van de proef in 2012:

- Nagaan wat de precisie is van mest- en zaadplaatsing bij gebruik van RTK DGPS-besturing;
- Nagaan of de positieve effecten van rijenbemesting op de gewasproductie en de mineralenbenutting in de praktijk gerealiseerd kunnen worden met een bouwlandinjecteur voor rijenbemesting.
- Nagaan of de effecten van rijenbemesting ook behouden blijven als na de rijenbemesting nog een niet-kerende grondbewerking uitgevoerd wordt.
- Nagaan of woelpoten op de rijenbemester, die de grond op de plaats waar de maïsrij moet komen extra losmaken, meerwaarde opleveren.

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 en 5 worden de resultaten bediscussieerd en conclusies getrokken.

2. Materiaal en methoden

In 2012 werd een representatief perceel voor de proef geselecteerd waarvan verondersteld werd dat dit een respons op mest zou geven. Dit om de effecten van bemesting, en daarmee ook rijenbemesting, tot uiting te laten komen. Het geselecteerde perceel (Vredeweg 49) is een ondiepe matig humeuze zandgrond (4,7% humus) en een pH van 5,2, op een kavel aan de Vredeweg nabij onderzoeklocatie Vredepeel in Noord-Limburg. De bewortelingsdiepte op het perceel bedroeg 30 - 40 cm. Beschikbare N-totaal was 1380 mg/kg grond, P beschikbaar (P-PAE) was 4,4 mg P/kg grond (toestand 'vrij hoog / hoog') en de P-totaal voorraad was vrij hoog, te weten 49 mg P₂O₅ per 100 gram grond (Bijlage I). Dit wijst op een historie van jarenlange bemesting met dierlijke mest. Het perceel lag in het verleden (< 2004) in gras wisselbouw. In die tijd werd het bemest met rundveedrijfmest waardoor er een langere P aanvoer is geweest. De Pw-waarde van de bodem is voor de regio gemiddeld.

Om de effecten van rijenbemesting en de effecten van grondbewerking vóór en na rijenbemesting te onderzoeken werden zowel objecten met volveldstoediening van mest als met rijenbemesting aangelegd. Bij beide werden objecten aangelegd met een niet kerende grondbewerking voorafgaand aan de bemesting en na de bemesting (Tabel 1). Bij deze opzet werd, in tegenstelling tot andere onderzoeken, dus ook grondbewerking zowel voor als na de volveldstoediening van de mest opgenomen. Ten behoeve van de rijenbemesting werd mestinjectie met een bouwlandinjecteur toegepast, waarbij objecten werden aangelegd met en zonder woelpoten op de plaats van de toekomstige maïsrij. 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 netto lengte van 10 meter. De middelste 2 rijen (de netto-rijen) werden gebruikt voor de gewaswaarnemingen en opbrengstbepaling. De overige rijen werden aangemerkt als bruto randrijen.

Op 10 april werd de grondbewerking uitgevoerd voorafgaand aan de bemesting. Op 11 april werd de volveldsbemesting uitgevoerd en op 12 april de rijenbemesting. Op 16 april werd de grondbewerking uitgevoerd op de objecten 'grondbewerking na bemesting'. Op 25 april werd de maïs gezaaid.

Tabel 1. De proefobjecten.

Object	Grondbewerking op 10 april	Mestplaatsing 11 - 12 april	Grondbewerking op 16 april	Mestgift (ton/ha)
A		-	Op 16 april	0
D	Vóór bemesting	Volvelds		15
L	Vóór bemesting	Rijenbemesting zonder woelpoten		15
H	Vóór bemesting	Rijenbemesting met woelpoten		15
B		Volvelds	Na bemesting	15
J		Rijenbemesting zonder woelpoten	Na bemesting	15
F		Rijenbemesting met woelpoten	Na bemesting	15
E	Vóór bemesting	Volvelds		35
M	Vóór bemesting	Rijenbemesting zonder woelpoten		35
I	Vóór bemesting	Rijenbemesting met woelpoten		35
C		Volvelds	Na bemesting	35
K		Rijenbemesting zonder woelpoten	Na bemesting	35
G		Rijenbemesting met woelpoten	Na bemesting	35

Drijfmesttoediening

Voor de bemesting werd gebruik gemaakt van daarvoor beschikbare machines van loonwerkers en fabrikanten: een Evers Garanno bouwlandinjecteur voor rijenbemesting en een gangbaar type bouwlandinjecteur. De bemesters waren bevestigd aan een Vervaet Hydrotrike mestvoertuig (driewielige zelfrijdende bemester) met een mesttank van 16 m³. De afgifte van de bemester werd geregeld door de boordcomputer. Met een trekker die was uitgerust met Trimble RTK-DGPS werd 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, 2 en 3) 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 9 cm afstand aan weerszijden van de toekomstige maïsrij, vervolgens werd de grond weer vlak gemaakt door twee toedekschijven en tenslotte aangerold. Tijdens de mesttoediening (Figuur 4) was de werkdiepte van de woeler ca. 27 cm en van de injectietanden ca. 15 cm. De mest werd op ca. 12 cm diepte neergelegd (Figuur 4). De objecten met rijenbemesting zijn aangelegd met gebruik van de woelpoten en zonder gebruik van de woelpoten. De volveldsbemesting werd uitgevoerd met een bouwlandinjecteur met een werkbreedte van 6 m.



Figuur 1. Rijenbemester met woelpoten, zijaanzicht.



Figuur 2. Rijenbemester met woelpoten, vooraanzicht.



Figuur 3. Rijenbemesting.



Figuur 4. Mestplaatsing bij rijenbemesting.

Grondbewerking

De gangbare grondbewerking voor maïs op zandgrond is nog steeds ploegen direct na de mesttoediening in combinatie met een vorenpakker. Hierdoor wordt in één werkgang ook de zaaibedbereiding uitgevoerd. Wanneer er niet met een vorenpakker wordt gewerkt, wordt de grond in de regel kort na het ploegen zaaiklaar gelegd met een (schijf)cultivator of op leemhoudende gronden met een rotorkoepel. Bij de huidige proef werd niet-kerende grondbewerking toegepast. Bij een systeem met rijenbemesting wordt zo de grond na de bemesting niet te diep (ca. 15 cm) bewerkt met een cultivator en direct daarna ingezaaid. 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 bewerkingst diepte varieerde van 10 tot 15 cm, gemiddeld ongeveer 12 cm.

In het experiment werden bij zowel de volvelds- als rijenbemesting twee verschillende tijdstippen van de grondbewerking (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. Bij rijenbemesting werd de mest hierdoor in beperkte mate verspreid.

De nulveldjes (object A) werden bewerkt op hetzelfde tijdstip als de grondbewerking na de bemesting.

Zaaien en meting van de plaatsingsnauwkeurigheid

Het proefveld werd 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 mestsleuven 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 mestsleuven (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 was afkomstig uit een lokale mestopslag die goed gemixt werd direct voorafgaand aan de mesttoediening. Een mestmonster werd genomen bij het uitrijden. De rundveedrijfmest bevatte 4,03 kg N, 1,40 kg P₂O₅ en 4,30 kg K₂O per ton. De giften N, P₂O₅ en K₂O waren daarmee respectievelijk 60, 21 en 64 kg/ha voor de mestgift van 15 ton/ha en 141, 49 en 150 kg/ha voor de mestgift van 35 ton/ha.

De maïs kwam op 8 mei op. Op 21 mei werd het onkruid bestreden met een mix van middelen (0,6 ltr/ha Laudis + 1,2 ltr/ha Gardo Gold + 0,25 ltr/ha Kart) en op 7 juni met 0,5 ltr/ha Laudis + 0,8 ltr/ha Gardo Gold + 0,25 ltr/ha Kart + 0,5 ltr/ha Samson. Het onkruid werd hiermee effectief bestreden.

In het seizoen hoefde niet berekend te worden. Op 13 juni werd op alle netto veldjes het aantal planten geteld. Op 27 juni werd de stand van het gewas visueel beoordeeld. Op 16 oktober werden de veldjes geoogst met een 2-rijige proefveldhakselaar. Bij elk veldje werd uit het geoogste product een gewasmonster genomen voor de bepaling van het droge stofgehalte, de voederwaarden en de gehalten aan N en P. De perceels-, teelt- en bewerkingsgegevens staan weergegeven in Bijlage III; in Bijlage IV zijn de weersomstandigheden tijdens het groeiseizoen samengevat.

Statistische analyse

Als basis werd variantieanalyse (ANOVA) toegepast om de gemiddelden per object te presenteren en te toetsen op verschillen tussen de gemeten gewasparameters bij de objecten A tot en met M. Vervolgens werd nader geanalyseerd welke invloed essentiële kenmerken van de mesttoediening (gift, plaatsing, timing) afzonderlijk hadden op de gewasparameters.

Omdat het bij de montage van woelpoten vóór de bemestingselementen van de rijenbemester ging om een mogelijke optimalisatie van de rijenbemesting werd het effect van de woelpoten als eerste geanalyseerd. Woelpoten in de rijenbemester hadden in een aantal gevallen een positieve invloed op de gewasopbrengst en de opname van N. Toch bleek het hoofdeffect van woelen niet significant waar het ging om de drogestofopbrengst van maïs. Daarom werd geoordeeld dat het effect van woelpoten in de rijenbemester niet geheel duidelijk was en werden de data van de rijenbemesting met en zonder woelen gegroepeerd. Vervolgens werden variantieanalyses uitgevoerd om de invloed van de volgende kenmerken van de mesttoediening op de gewasparameters te bepalen:

- Mestplaatsing: volvelds of bij de maïsrij,
- Grondbewerkingstijd: voor of na de bemesting,
- Mestgift: 15 of 35 ton/ha.

De veldjes zonder bemesting werden in deze statistische analyses niet meegenomen, met uitzondering van één analyse van het hoofdeffect van de mestgift.

Voor berekening van de mestbenutting van N en P per veldje zijn voor de N en P opname op onbemeste grond en voor de N en P gift met de mest constanten gebruikt die feitelijk niet voor elk veldje als constante verondersteld mogen 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. Het is waarschijnlijk dat hierdoor de mestbenutting bij een bepaald object minder nauwkeurig bepaald kan worden dan wanneer de invloeden van de gehalten in de grond, de daarmee samenhangende N en P opname onbemest, en de invloed van de exacte gift per veldje als covariabelen meegeanalyseerd zouden kunnen worden. 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 op 12 april waren vastgelegd werden op 25 april, direct na zaai, de zaairijen ingemeten. De afwijking van de middellijn tussen de meststreven ten opzichte van de zaairij was gemiddeld 3 cm en maximaal 17,5 cm. 90% van de waarnemingen lag in de range van een afwijking van 0 tot 6 cm. Met behulp van regressieanalyse werd vastgesteld dat er geen significante correlatie was tussen de gewasopbrengst en de gemeten plaatsingsnauwkeurigheid bij rijenbemesting.

3.2 Het effect van woelen bij rijenbemesting

Het effect van het al of niet monteren van woelpoten in de rijenbemester werd eerst geanalyseerd om daarna te kunnen focussen op de effecten van mestplaatsing, mestgift en timing van de grondbewerking.

Versopbrengst

Het gebruik van de rijenbemester met woelpoten had een positief effect op de versopbrengst vergeleken met rijenbemesting zonder woelpoten (Tabel 2). Gemiddeld over de mestgiften en de grondbewerkingsobjecten was de versopbrengst 54,6 ton/ha voor de rijenbemester met woelpoten en 51,6 ton/ha voor de rijenbemester zonder woelpoten. Woelen+injectie was effectiever bij uitvoering van de grondbewerking na de mesttoediening dan bij grondbewerking voorafgaand aan de mesttoediening. Evenzo was woelen+injectie ook effectiever bij lage mestgift dan bij hoge mestgift (Tabel 3).

Drogestofopbrengst

Door een tendens van achterblijvende drogestofgehalten als de woelertanden gemonteerd waren, is het hoofdeffect van het gebruik van woelpoten op de drogestofopbrengst niet significant; gemiddeld over de mestgiften en de grondbewerkingsobjecten was de drogestofopbrengst 21,2 ton/ha voor de rijenbemester met woelpoten en 20,7 ton/ha voor de rijenbemester zonder woelpoten. Er was wel een interactie-effect van woelen met het tijdstip van grondbewerken. Injectie+woelen was alleen effectiever dan injectie zonder woelen als de grondbewerking na injectie+woelen werd uitgevoerd (Tabel 2). Het interactie-effect van woelen en mestgift op de drogestofopbrengst was niet significant; zowel bij lage als bij hoge mestgift was er geen effect van woelen (Tabel 3).

Tabel 2. *Interactie-effecten van woelen tijdens de rijenbemesting en de tijd van grondbewerking.*

Parameter	Object				l.s.d. (P<0,05)
	Grondbewerken vóór bemesten		Grondbewerken na bemesten		
	Niet woelen	Wel woelen	Niet woelen	Wel woelen	
Versopbrengst (Mg/ha)	52,5*	54,4*	50,6*	54,7*	1,3
Drogestofgehalte (%)	40,1*	37,6*	40,0	39,8	2,0
Drogestofopbrengst (Mg/ha)	21,1	20,5	20,3*	21,8*	1,0
N opname (kg/ha)	207*	188*	198*	219*	19
P opname (kg/ha)	48,5	48,2	48,0	50,4	5,7

* *Verskil tussen wel en niet woelen significant.*

Opname van N en P

Evenals bij de drogestofopbrengst was het hoofdeffect van het gebruik van woelpoten op de opname van N niet significant en was er wel een sterk interactie-effect van woelen met het tijdstip van grondbewerken. Terwijl de N opname door woelen verminderde als de grondbewerking vóór de bemesting werd uitgevoerd, verbeterde deze juist als de grondbewerking na de bemesting werd uitgevoerd (Tabel 2). Het interactie-effect van woelen en mestgift op de N opname was niet significant; zowel bij lage als bij hoge mestgift was er geen effect van woelen (Tabel 3).

Woelen bij de mesttoediening bleek geen significante invloed gehad te hebben op de opname van P (Tabellen 2 en 3).

Tabel 3. *Interactie-effecten van woelen tijdens de rijenbemesting en de mestgift.*

Parameter	Object				l.s.d. (P<0,05)
	15 ton/ha		35 ton/ha		
	Niet woelen	Wel woelen	Niet woelen	Wel woelen	
Versopbrengst (Mg/ha)	48,1*	52,3*	55,0*	56,8*	1,3
Drogestofgehalte (%)	39,2	37,8	40,9	39,7	2,0
Drogestofopbrengst (Mg/ha)	18,9	19,8	22,5	22,5	1,0
N opname (kg/ha)	178	181	227	226	19
P opname (kg/ha)	47,8	47,6	48,8	51,0	5,7

* *verschil tussen wel en niet woelen significant.*

Conclusie

Het hoofdeffect van woelen was significant voor de versopbrengst en niet significant voor drogestofgehalte, drogestofopbrengst en N en P gehalten, opname en benutting. Er waren wel een aantal interactie-effecten. Vooralnog zijn de effecten van woelen nog niet eenduidig en werd besloten om wel en niet woelen in de vervolganalyse niet meer te onderscheiden.

3.3 Gewasontwikkeling

De opkomst van de mais was twee weken na het zaaien. De plantdichtheid op de netto proefveldjes varieerde van 87.200 tot 89.500 planten per ha (Tabel 4). De gewasstand werd op de nulveldjes duidelijk als het minst goed beoordeeld. Ook werd de gewasstand op de veldjes met een mestgift van 35 ton/ha beter beoordeeld dan op de veldjes met 15 ton/ha.

3.4 Opbrengst en kwaliteit

Zowel bij de verse opbrengst, het drogestofgehalte en de drogestofopbrengst van de snijmais waren significante effecten aanwezig tussen de objecten (Tabel 5). De opbrengsten van de nulveldjes bleven meestal achter bij de overige veldjes, maar in een aantal gevallen was het verschil met veldjes met een bemesting van 15 ton/ha niet significant, vooral bij de volveldsbemesting. Het opbrengstniveau was zeer hoog, met name gelet op het relatief lage N-bemestingsniveau van 60 en 141 kg N per hectare.

Tabel 4. Aantal planten per ha op 13 juni 2012 en standcijfers 27 juni.

Grondbewerking 10 april	Mestplaatsing 11- 12 april	Grondbewerking 16 april	Mestgift (ton/ha)	Aantal planten (#/ha)	Gewasstand
	-	X	0	89.200	6,2
X	Volvelds		15	84.800	7,1
X	Rij zonder woelpoten		15	89.500	6,7
X	Rij met woelpoten		15	89.500	7,9
	Volvelds	X	15	88.200	7,1
	Rij zonder woelpoten	X	15	89.200	7,4
	Rij met woelpoten	X	15	89.500	8,2
X	Volvelds		35	87.200	8,1
X	Rij zonder woelpoten		35	89.500	7,9
X	Rij met woelpoten		35	87.800	8,2
	Volvelds	X	35	87.700	7,5
	Rij zonder woelpoten	X	35	88.000	8,7
	Rij met woelpoten	X	35	89.000	8,9
F-prob				n.s.	< 0,001
l.s.d. (P<0,05)				-	0,7

Tabel 5. Opbrengst van de snijmaïs bij de verschillende objecten.

Grondbewerking 10 april	Mestplaatsing 11- 12 april	Grondbewerking 16 april	Mestgift (ton/ha)	Opbrengst vers (ton/ha)	Ds-gehalte (%)	Opbrengst d.s. (ton/ha)
	-	X	0	44,2	39,0	17,2
X	Volvelds		15	47,1	36,9	17,4
X	Rij zonder woelpoten		15	48,7	39,1	19,0
X	Rij met woelpoten		15	52,0	37,2	19,3
	Volvelds	X	15	46,0	39,1	18,0
	Rij zonder woelpoten	X	15	47,6	39,3	18,7
	Rij met woelpoten	X	15	52,7	38,4	20,2
X	Volvelds		35	54,1	37,3	20,2
X	Rij zonder woelpoten		35	56,3	41,0	23,1
X	Rij met woelpoten		35	56,9	38,1	21,7
	Volvelds	X	35	51,6	39,5	20,4
	Rij zonder woelpoten	X	35	53,6	40,7	21,8
	Rij met woelpoten	X	35	56,8	41,3	23,4
F-prob				<0,001	0,03	<0,001
l.s.d. (P<0,05)				2,5	2,6	1,6

Nadere analyse van de drogestofopbrengst liet zien dat zowel de hoofdeffecten van de mestplaatsing als de mestgift significant van invloed waren (Tabel 6). De tijd van grondbewerking had geen significant effect. Interactie-effecten van mestplaatsing, mestgift en grondbewerkingstijd waren niet significant.

Tabel 6. Gemiddelde drogestofopbrengst (ton/ha) per mestplaatsingsmethode, grondbewerkingsmethode en mestgift.

Object		Drogestofopbrengst ton/ha	I.s.d. (P<0,05)
Mestplaatsing	Volvelds	19,0	0,8
	Bij de gewasrij	20,9	
Grondbewerking	Vóór de bemesting	20,1	n.s.
	Na de bemesting	20,4	
Mestgift	0	17,2	1,6 (verschillen met nulveldjes) 0,9 (verschil 15 – 35 ton/ha)
	15 m ³ /ha	18,8	
	35 m ³ /ha	21,8	

De voederkwaliteit van de maïs, uitgedrukt in VEM en Ruw as, was niet verschillend tussen de afzonderlijke objecten (Tabel 7). In een afzonderlijke analyse van de effecten van plaatsingsmethode (volvelds vs. rijenbemesting), grondbewerkingstijd (vóór en na de bemesting) en mestgift (0, 15 en 35 ton/ha) bleek geen van de effecten significant.

Tabel 7. Kwaliteit van de snijmaïs bij de verschillende objecten.

Grondbewerking op 10 april	Mestplaatsing 11- 12 april	Grondbewerking op 16 april	Mestgift (ton/ha)	VEM	Ruw as (g/kg ds)
	-	X	0	1028	24,5
X	Volvelds		15	1009	26,2
X	Rij zonder woelpoten		15	1017	23,5
X	Rij met woelpoten		15	1005	26,0
	Volvelds	X	15	1040	23,0
	Rij zonder woelpoten	X	15	1017	24,7
	Rij met woelpoten	X	15	1026	24,2
X	Volvelds		35	1009	25,7
X	Rij zonder woelpoten		35	1034	22,2
X	Rij met woelpoten		35	1037	24,2
	Volvelds	X	35	1025	25,0
	Rij zonder woelpoten	X	35	1026	23,5
	Rij met woelpoten	X	35	1034	23,0
F-prob				n.s.	n.s.
I.s.d. (P<0,05)				-	-

3.5 Mineralenopname en -benutting

In Tabel 8 zijn de resultaten van de opname en benutting van N en P per object weergegeven. In de verdere analyse worden de effecten van de verschillende objecten en behandelingen op de opname en benutting afzonderlijk voor N en P nader bekeken.

Tabel 8. N en P gehalten en N en P opname van de snijmaïs.

Grondbewerking	Mestplaatsing	Grond- bewerking	Mestgift (ton/ha)	Ntot (g/kg ds)	N opname (kg/ha)	N benutting (%) ¹⁾	P (g/kg ds)	P opname (kg/ha)	P benutting (%) ¹⁾
10 april	11- 12 april	16 april							
	-	X	0	8,87	153	-	2,80	48	-
X	Volvelds		15	8,90	155	3	2,65	46	-24
X	Rij zonder woelpoten		15	9,32	177	40	2,50	47	-5
X	Rij met woelpoten		15	8,87	172	31	2,45	47	-8
	Volvelds	X	15	9,07	164	18	2,80	50	25
	Rij zonder woelpoten	X	15	9,52	178	42	2,57	48	0
	Rij met woelpoten	X	15	9,37	189	60	2,35	48	0
X	Volvelds		35	9,62	195	30	2,50	51	13
X	Rij zonder woelpoten		35	10,20	236	59	2,15	49	7
X	Rij met woelpoten		35	9,42	204	36	2,27	49	6
	Volvelds	X	35	9,60	196	31	2,55	52	19
	Rij zonder woelpoten	X	35	10,00	218	46	2,20	48	0
	Rij met woelpoten	X	35	10,60	248	67	2,25	53	22
F-prob				<0,001	<0,001	0,027	<0,001	n.s.	n.s.
l.s.d. (P<0,05)				0,65	25	34	0,30	-	-

¹⁾ Weergegeven is de apparent recovery ten opzichte van object A, berekend als $100 * ((N/P\text{-opname bemest} - N/P\text{-opname onbemest}) / N/P\text{-totaal})$.

Stikstof

Er was effect van de objecten op zowel de N-gehalten, de N opname en de N benutting van de maïs (Tabel 8). De N-gehalten varieerden van 8,9 (g/kg ds) voor de onbemeste veldjes tot 10,6 (g/kg ds) voor veldjes met een hoge mestgift in rijenbemesting. 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 lager in de veldjes met lage mestgift, vergeleken met veldjes met dezelfde behandeling en een hoge mestgift. Nadere statistische analyse van de effecten van de drie onderscheiden behandelingen liet zien dat het N-gehalte, de N-opname en de N-benutting significant hoger waren bij rijenbemesting ten opzicht van volvelds plaatsing (Tabel 9).

Tabel 9. Gemiddelde N_{tot} -gehalte (g/kg ds), N-opname (kg/ha) en N-benutting per mestplaatsingsmethode, grondbewerkingsmethode en mestgift inclusief significantie van effecten (P<0,05).

Object		N_{tot} -gehalte (g/kg ds)		N-opname (kg/ha)		N-benutting (%)	
		Gemiddeld	Significantie / l.s.d.	Gemiddeld	Significantie / l.s.d.	Gemiddeld	Significantie / l.s.d.
Mestplaatsing	Volvelds	9,30		177		20	
	Bij de gewasrij	9,67	s / 0,30	203	s / 12	48	s / 14
Grondbewerking	Vóór bemesting	9,39		190		33	
	Na bemesting	9,70	s / 0,29	199	ns / 11	44	ns / 13
Mestgift	15 m ³ /ha	9,20		173		32	
	35 m ³ /ha	9,91	s / 0,29	216	s / 11	45	s / 13

Het tijdstip van grondbewerken gaf alleen een significant verschil in N-gehalte; het gehalte was hoger bij grondbewerking na de bemesting. Een hoge mestgift leidde tot een hoger N-gehalte, een hogere N-opname en een betere N-benutting dan een lage mestgift. Interactie-effecten tussen mestplaatsing, tijdstip van grondbewerking en mestgift waren niet aanwezig. De N opname bedroeg gemiddeld 173 kg N/ha bij een mestgift van 15 ton/ha (60 kg N/ha) en gemiddeld 216 kg N/ha bij een mestgift van 35 ton/ha (141 kg N/ha). De gemiddelde N benutting (apparent recovery) was lager (gemiddeld 32%) bij 15 ton/ha dan bij 35 ton/ha (gemiddeld 45%). Het gecombineerde effect van mestplaatsing en mestgift op het N-gehalte, de N opname en de N benutting is weergegeven in Tabel 10.

Tabel 10. Gecombineerde effect van mestplaatsing en mestgift op het N_{tot} -gehalte (g/kg ds), de N-opname (kg/ha) en de N-benutting, gemiddeld over de grondbewerkingsbehandelingen.

Mestplaatsing	Mestgift (ton/ha)	N_{tot} -gehalte (g/kg ds)	N-opname (kg/ha)	N-benutting (%)
Volvelds	15	9,0	159	10
	35	9,6	196	30
Bij de gewasrij	15	9,3	179	43
	35	10,1	227	52

Fosfaat

Er was effect van de objecten op het P-gehalte van de mais (Tabel 8). De P-gehalten varieerden tussen 2,15 en 2,80 g/kg ds, met de laagste gehalten bij de hoge mestgift. De P-opname was gemiddeld 49 kg P per ha, equivalent aan 113 kg P_2O_5 . Deze opname was hoger dan de fosfaatbemesting van respectievelijk 21 kg en 49 kg P_2O_5 (9 en 21 kg P/ha) voor de hoge en lage gift. De P-opname en P benutting waren niet significant verschillend voor de diverse objecten.

Uit statistische analyse van het effect van de behandelingen bleek dat de wijze van plaatsing (volvelds of rijenbemesting) en de mestgift invloed hadden op het P gehalte (Tabel 11). Het P gehalte bleek significant lager bij rijenbemesting, vergeleken met volvelds, en bij hoge mestgift, vergeleken met lage mestgift. De opname en benutting van P waren voor geen van de behandelingen verschillend.

Tabel 11. Gemiddelde P-gehalte (g/kg ds), P-opname (kg/ha) en P-benutting per mestplaatsingsmethode, grondbewerkingsmethode en mestgift inclusief significantie van effecten ($P < 0,05$).

Object		P-gehalte (g/kg ds)		P-opname (kg/ha)		P-benutting (%)	
		Gemiddeld	Significantie / l.s.d.	Gemiddeld	Significantie / l.s.d.	Gemiddeld	Significantie / l.s.d.
Mestplaatsing	Volvelds	2,62		49,7		8	
	Bij de gewasrij	2,34	s / 0,12	48,8	ns / 2,9	3	ns / 27
Grondbewerking	Vóór bemesting	2,42		48,3		-2	
	Na bemesting	2,45	ns / 0,12	49,8	ns / 2,9	11	ns / 26
Mestgift	15 m ³ /ha	2,55		47,8		-2	
	35 m ³ /ha	2,32	s / 0,12	50,4	ns / 3,1	11	ns / 26

4. Discussie

Op alle drie momenten van rijden (uitrijden sporen, rijenbemesten en zaaien) kunnen fouten t.o.v. de ingestelde (geplande) GPS lijnen gemaakt worden. Omdat in 2011 geconstateerd was dat het moeilijk was om op relatief kleine plots met de bemester precies over de eerder met RTK-DGPS uitgereden sporen te rijden werd bij de aanleg meer ruimte genomen voor aanloop van de machines en werden de RTK-DGPS sporen ook verder buiten het proefveld doorgezet. Desondanks bleek dat nu bij het zaaien de aanloop naar de veldjes soms te kort was om de GPS lijn goed op te pakken; de grootste afwijkingen (plot 7 en plot 24) konden herleid worden naar fouten bij de inzet van de zaaimachine door controlemetingen van de afstanden tussen de aansluitrijen. In de praktijk zullen langere trajecten uitgezet en gereden worden, waardoor de nauwkeurigheid kan toenemen.

In 2011 was de gewasopbrengst significant hoger bij rijenbemesting na de grondbewerking, vergeleken met volveldstoediening vóór de grondbewerking (praktijk). De proef was toen niet geheel orthogonaal opgezet in de zin dat er geen objecten met volveldstoediening na de grondbewerking waren. Daardoor is het mogelijk dat het latere tijdstip van grondbewerking voor de objecten 'geen bemesting', volveldstoediening en rijtoediening vóór de grondbewerking verantwoordelijk geweest is voor een algemeen lager opbrengstniveau van die objecten. Desondanks leek de conclusie toen 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. In de huidige proef (2012) is wel volveldstoediening na de grondbewerking als object meegenomen. Uit de resultaten bleek dat de wijze van mestplaatsing weer significant van invloed was, maar dat het tijdstip van de grondbewerking geen effect had op de drogestofopbrengst en de mineralenopname- en benutting. Dit versterkt de conclusie dat ook in 2011 de wijze van mestplaatsing verantwoordelijk geweest is voor het opbrengsteffect.

Het perceel vertoonde een goede respons op mesttoediening, zoals blijkt uit de significante verschillen in gewasopbrengst bij elk van beide mestgiften, ondanks dat de P-beschikbaarheid op dit perceel hoog was (P-PAE van 4,4 mg P). De positieve reactie op plaatsing heeft wellicht te maken met een verbeterde N-voorziening (rijenbemesting leidde tot hogere N-gehalten in het gewas dan volveldse bemesting), terwijl de P-gehalten door rijenbemesting in een aantal gevallen lager waren ten opzichte van de onbemeste controle (Tabel 8). Eén en ander impliceert dat grotere positieve effecten van rijenmesting 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 stikstofopbrengst verhoogde, werd per kilogram mest-N ook meer N van het perceel afgevoerd. Dit verhoogde de benutting van de gegeven mest aanmerkelijk (Tabellen 6 en 9). In tegenstelling tot 2011 was het effect op de N-benutting groter naarmate ruimer bemest werd. Doorgaans neemt de N-benutting bij mais af naarmate de N-gift ruimer is. De P opname werd niet beïnvloed door de wijze van mestplaatsing en reageerde ook niet op de mestgift. Feitelijk was de P voorziening in de bodem dermate ruim dat de extra gegeven P met de mest niet of nauwelijks benut werd. De hier gerapporteerde resultaten geven aan dat milieuwinst mogelijk is door de mest dicht bij de gewasrij te plaatsen en/of door de mineralenaanvoer te verlagen bij gelijkblijvende gewasopbrengst.

Een voordeel van rijenbemesten zonder woelpoten bij de toekomstige zaairijen is dat op trekkracht bespaard wordt. Een positief effect van het gebruik van woelpoten op de gewasopbrengst en mineralenbenutting kon in dit onderzoek niet eenduidig worden aangetoond. Een verklaring voor de gevonden effecten van woelen is niet eenvoudig te geven omdat het woelen invloed kan hebben op vele zaken die de opbrengsten en de opname van N en P bepalen. Het woelen voorafgaand aan de mestinjectie heeft bijvoorbeeld enerzijds invloed op de dichtheid van de grond en anderzijds op de wijze waarop de mest bij de injectie in de grond verdeeld wordt. Mogelijk is ook de lichte herverdeling van de mest door de grondbewerking na het bemesten verschillend geweest na wel en niet woelen en heeft dit effect gehad op de groei van het gewas.

Het tijdstip van de grondbewerking (voor of na de bemesting) had geen invloed op de opbrengsten. Daarmee blijven de positieve effecten van rijenbemesting bewaard ook als de grondbewerking na de rijenbemesting plaats vindt. De grondbewerking moet dan wel zodanig uitgevoerd worden dat de toegediende stroken mest niet te veel verspreid worden, bijvoorbeeld door een niet-kerende grondbewerking. Dit maakt de toepassing van rijenbemesting beter logistiek in te passen in de voorjaarswerkzaamheden; het lijkt daarmee op het huidige systeem waarbij grondbewerking en zaai in één, zo gunstig mogelijk, tijdblok door de boer te plannen zijn. De toepassing van niet-kerende grondbewerking is op zandgronden overigens nog niet de brede praktijk.

5. Conclusies

Vergeleken met volveldstoediening van dierlijke mest was de drogestofopbrengst hoger als deze geconcentreerd werd in ondergrondse stroken waar de maïs vlak naast gezaaid werd ('rijenbemesting'). Daarbij benutte maïs de N in de mest beter, zowel bij lage als bij hoge mestgiften. Die betere benutting maakt het mogelijk om de overschotten van N op maïspcelen te verlagen en zo (kunst)mest uit te sparen en deze eventueel elders nuttig in te zetten.

Op de zandgronden vindt de bemesting gewoonlijk voorafgaand aan de grondbewerking plaats. Bij toepassing van rijenbemesting kan dan echter de mest te veel verspreid worden waardoor het effect verloren gaat. Dit onderzoek heeft aangetoond dat het mogelijk is om na de rijenbemesting een niet kerende grondbewerking uit te voeren, waarbij de mest maar weinig wordt verspreid en het positieve effect van rijenbemesting behouden blijft.

Het toepassen van woelputten op de rijenbemester, op de plaats van de toekomstige zaairijen, gaf wisselende resultaten bij de verschillende mestgiften en grondbewerkingsstrategieën. Een logische verklaring voor de resultaten is niet eenvoudig te geven, omdat het woelen invloed kan hebben op vele zaken die de opbrengsten en de opname van N en P bepalen.

GPS-positionering biedt mogelijkheden om bemesting en zaai te scheiden. Voor de synchronisatie van mestsleuven 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 ten opzichte van de toekomstige maïsrij varieerde bij 90% van de metingen van 0 tot 6 cm.

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.

Vermeulen, G.D., J.F.M. Huijsmans, G.J.H.M. Meuffels en D.A. van der Schans, 2012.

Precisieplaatsing van drijfmest in maïs: effecten van precisieplaatsing en grondbewerking. Wageningen: Plant Research International, (Rapport Plant Research International 451) - p. 40.

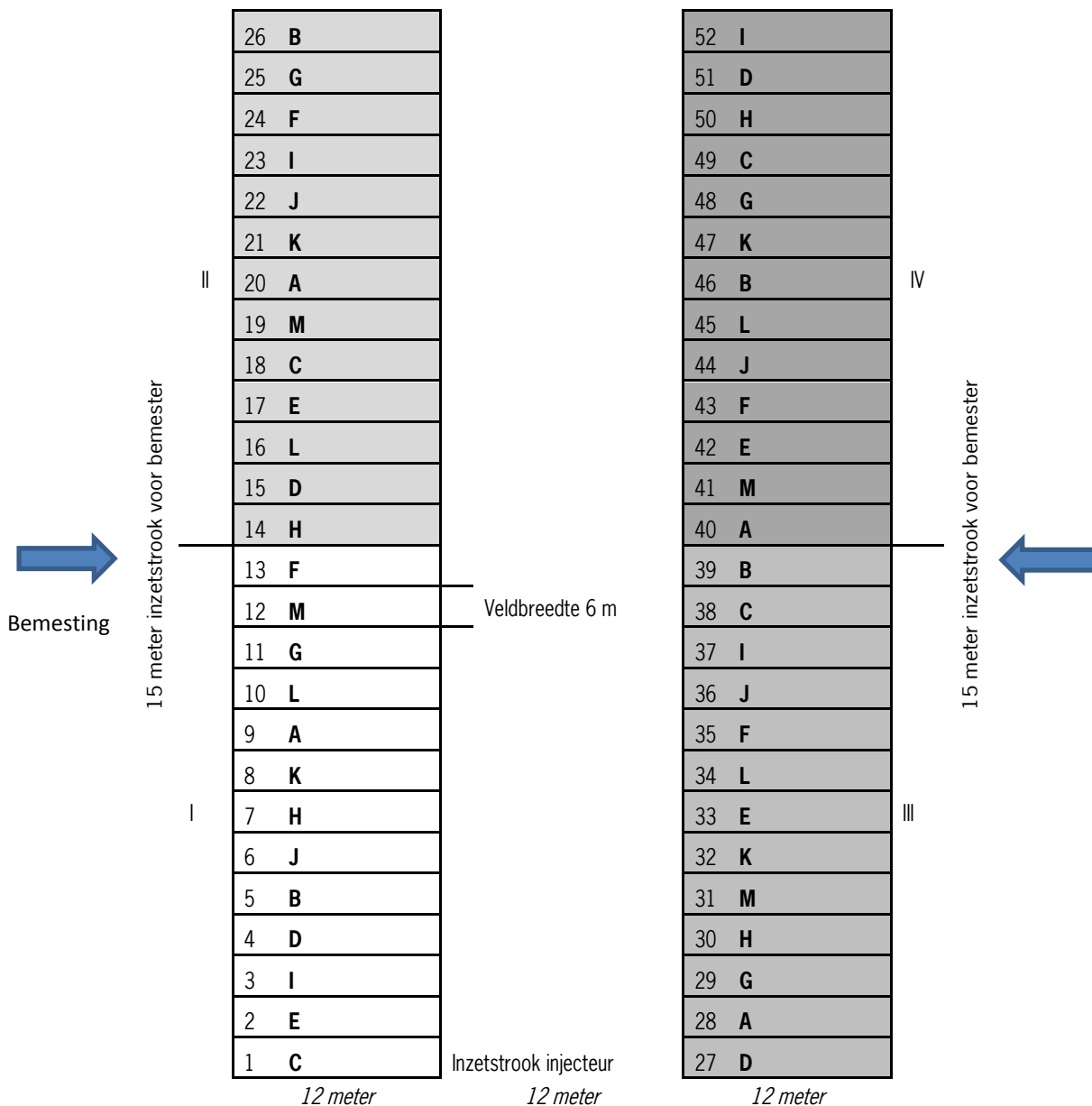
Bijlage I.

Bodemanalyse

Karakteristiek	Dimensie	Waarde
Stikstof totaal	mg N/kg	1380
P beschikbaar (P-PAE)	mg P/kg	4,4
P-voorraad	mg P ₂ O ₅ /100g	49
K-beschikbaar	mg K/kg	82
Zwavel totaal	mg S/kg	310
Magnesium	mg Mg/kg	150
Natrium	mg Na/kg	12
Zuurgraad	pH	5,2
Organische stof	%	4,7

Bijlage II.

Proefveld lay-out



Bijlage III.

Perceels-, teelt- en bewerkinggegevens

Proefnummer PPO	:	VP 1787
Locatie	:	Vredepeel
Perceel	:	Perceel 49
Gewas	:	Snijmais
Voorvrucht	:	Consumptieaardappelen
Ras	:	Torres
Rijafstand	:	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	:	13
Aantal veldjes	:	52
Grondbewerking vóór mestgift	:	Vastetandcultivator, smalle beitels, tandafstand ca. 30 cm, 15 cm diep, uitgevoerd op 10 april
Grondbewerking na mestgift	:	Vastetandcultivator, smalle beitels, tandafstand ca. 30 cm, 15 cm diep, uitgevoerd op 16 april
Bemesting	:	Op 12 april, rundveedrijfmest met twee combinaties: Vervaet Hydrotrike + Evers Garanno bouwlandinjecteur, 8 rijen (rijenbemester) Vervaet Hydrotrike + gangbare bouwlandinjecteur, 6 m (volvelds)
Zaaimoment	:	22 april 2012
Zaaimethode	:	8 rijige precisiezaaimachine met RTK GPS stuursysteem
Zaizaadhoeveelheid	:	95.000 zaden per ha
Onkruidbestrijding	:	Op 21 mei en 7 juni 2012, praktijk
Berekening	:	Geen
Oogst	:	16 oktober 2012, PZ 2-rijige proefveldhakselaar

Bijlage IV.

Meteorologische gegevens locatie Vredepeel

Maand	Gem. etmaaltemperatuur (°C)		Neerslag (mm)		ET ref. (mm) *) 2012
			Gemiddeld		
	1981 t/m 2010	2012	1981 t/m 2010	2012	
Maart	6,7	7,5	64	26	-
April	10,5	7,8	46	67	51,4
Mei	14,2	14,2	64	100	94,5
Juni	17,0	14,6	67	45	82,2
Juli	18,4	16,7	70	158	97,2
Augustus	18,2	18,1	72	56	96,6
September	15,3	12,9	69	64	56,2
Oktober	10,9	9,4	70	26	29,6

*) Referentie gewasverdamping volgens Makkink op basis van gegevens weerstation Volkel.

