



Mesttoediening in het voorjaar in wintertarwe

Effecten op grond en gewas

J.F.M. Huijsmans, G.D. Vermeulen, P.H.M. Dekker & B.R. Verwijs





Mesttoediening in het voorjaar in wintertarwe

Effecten op grond en gewas

J.F.M. Huijsmans¹, G.D. Vermeulen¹, P.H.M. Dekker² & B.R. Verwijs¹

¹ Plant Research International, Wageningen

² Praktijkonderzoek Plant & Omgeving - AGV, Lelystad

© 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 06 85
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 Achtergrond	3
1.2 Doelstelling	3
1.3 Leeswijzer	4
2. Algemene opzet van het onderzoek	5
2.1 Bodenwaarnemingen	5
2.2 Gewaswaarnemingen	6
3. Veldonderzoeken	7
3.1 Marrum, 2006	7
3.1.1 Opzet en uitvoering	7
3.1.2 Resultaten	9
3.1.3 Samenvatting en conclusies	12
3.2 Tholen, 2007	13
3.2.1 Opzet en uitvoering	13
3.2.2 Resultaten	16
3.2.3 Samenvatting en conclusies	19
3.3 Ulrum, 2007	20
3.3.1 Opzet en uitvoering	20
3.3.2 Resultaten	24
3.3.3 Samenvatting en conclusies	28
3.4 Lelystad, 2008	30
3.4.1 Opzet en uitvoering	30
3.4.2 Resultaten	32
3.4.3 Samenvatting en conclusies	35
3.5 Lepelstraat, 2008	36
3.5.1 Opzet en uitvoering	36
3.5.2 Resultaten	38
3.5.3 Samenvatting en conclusies	40
3.6 Slootdorp, 2008	41
3.6.1 Opzet en uitvoering	41
3.6.2 Resultaten	42
3.6.3 Samenvatting en conclusies	43
3.7 Lelystad, 2009	44
3.7.1 Opzet en uitvoering	44
3.7.2 Resultaten	44
3.7.3 Samenvatting en conclusies	46
3.8 Slootdorp, 2009	47
3.8.1 Opzet en uitvoering	47
3.8.2 Resultaten	50
3.8.3 Samenvatting en conclusies	54
4. Synthese, discussie en conclusies	55

Bijlage I.	Technische gegevens machines proef Marrum, 2006	4 pp.
Bijlage II.	Technische gegevens machines proef Tholen, 2007	1 p.
Bijlage III.	Technische gegevens machines proef Ulrum, 2007	2 pp.
Bijlage IV.	Technische gegevens machines proef Lelystad, 2008	1 p.
Bijlage V.	Technische gegevens machines proef Lepelstraat, 2008	1 p.
Bijlage VI.	Technische gegevens machines proef Slootdorp, 2008	1 p.
Bijlage VII.	Technische gegevens machines proef Slootdorp, 2009	1 p.

Samenvatting

Bij najaarstoepassing van mest op bouwland gaat een groot deel van de aanwezige stikstof in de najaars- en winterperiode verloren. Voorjaarstoediening wordt daarom gezien als een mogelijkheid voor betere benutting van de stikstof uit de mest. Op kleibouwland was nog slechts beperkt geëxperimenteerd met methoden voor mesttoediening in het voorjaar. Behoeftte was er aan goede methoden voor voorjaarsmesttoediening in wintertarwe, waarbij gewas- en bodemschade zoveel mogelijk voorkomen worden en voldaan wordt aan eisen om de ammoniakemissie te beperken. Voor de ondersteuning van het beleid en voor implementatie van emissiearme voorjaarsmesttoediening op kleibouwland in de praktijk was inzicht nodig in de praktische mogelijkheden van emissiearme mesttoediening in wintertarwe op kleibouwland. Hiertoe werden veldproeven uitgevoerd die specifiek tot doel hadden om de effecten van toepassing van verschillende huidige toedieningstechnieken in wintertarwe op bodem en gewas na te gaan.

Het veldonderzoek naar de schade-effecten bij mesttoediening in het voorjaar in wintertarwe is in verschillende jaren uitgevoerd op kleibouwland op locaties verspreid over de klei akkerbouwgebieden binnen Nederland: Marrum, Friesland (2006), Ulrum, Groningen (2007), Lelystad, Flevopolder (2008, 2009), Slootdorp, Wieringermeer (2008, 2009), Tholen, Zeeland (2007), Lepelstraat, West-Brabant (2008)

Het onderzoek in de veldproeven betrof de effecten van berijding met mesttoedieningsapparatuur op de bodem en de tarweopbrengst (in en naast de wielsporen) en de effecten van mogelijke mechanische schade door de mesttoedieningselementen op de opbrengst (wel of niet in de bodem laten snijden). In de meeste proeven zijn de onderzoeksobjecten aangelegd met dierlijke mest en kunstmest. De toegepaste methoden van bemesting varieerden per proef al naar gelang praktische toepassing in het gebied en beschikbaarheid, maar de focus lag op de effecten van bemesters met sleepslangaanvoer omdat hiervan goede resultaten werden verwacht wegens de lage bodemdruk bij deze methode. In twee van de proeven werd ook de invloed van gewasstadium tijdens de bemesting op de rij- en snij schade onderzocht. Om de effecten te tonen werden in alle proeven bodem- en gewaswaarnemingen uitgevoerd. Daarnaast werden de specificaties van de gebruikte machines opgetekend, met name om te berekenen hoeveel van het veld door wielen bereden werd en wat de orde van grootte van de bodemdruk was.

De resultaten van alle afzonderlijke veldproeven van 2006 tot en met 2009 zijn in dit rapport eerst afzonderlijk gerapporteerd en vervolgens in een synthese samengenomen en als geheel geanalyseerd.

Effect van wiedeggen

In drie proeven werd de wiedeg na toedienen van de mest gebruikt om de mest in dezelfde werkgang (gesimuleerd) in te werken. De opbrengstschade door eggen was maximaal 1,3% en ook werd een keer een 3,6% hogere opbrengst geconstateerd. Gemiddeld over de proeven was er geen opbrengstschade door het wiedeggen. De conclusie luidt daarom dat licht onderwerken van de mest met de wiedeg geen schade aan de wintertarwe geeft.

Effect van snijden van de zodenbemesterelementen

Het effect van snijden werd geanalyseerd door vergelijking van alle waarnemingen waarbij de zodenbemesterelementen zowel in als boven de grond werkten, in onbereden grond. Hierbij is geen onderscheid gemaakt naar de soort mest, maar steeds zijn paren met dezelfde mestsoort vergeleken.

Omdat alleen bij de proef in Lelystad in 2009 in een laat gewasstadium een statistisch significante invloed van het snijden met zodenbemesterelementen werd geconstateerd, werd nader geanalyseerd in hoeverre het snijverlies samenhangt met het gewasstadium. Hiertoe werd voor elke verlieswaarneming het gewasstadium (systeem Feekes) vastgesteld en werd geanalyseerd of er een verband was met het waargenomen verlies. Bij fitten van een exponentiële curve door de waarnemingen bleek het verband tussen opbrengstverlies en gewasstadium statistisch significant ($P < 0,05$). Op basis van alle waarnemingen kan de conclusie getrokken worden dat er snijverlies begint op

te treden als de strekkingsfase begint (Feekes schaal 4) en dat het snijverlies oploopt tot 3% als de eerste knoop zichtbaar is (Feekes schaal 6) en 5% als er twee knopen zichtbaar zijn (Feekes schaal 7).

Effect van rijsporen

Door analyse van alle waarnemingen van opbrengsteffecten in de rijsporen is nagegaan of effecten van de gebruikte apparatuur, de bodemdruk van de apparatuur, het aantal passages door hetzelfde spoor, de natheid van de grond (0-10 cm), de mestsoort en het gewasstadium op het opbrengstverlies in de sporen aantoonbaar was. Hiertoe werden alle waarnemingen gebruikt waarbij een spoor en onbereden grond direct naast elkaar lagen, ongeacht mestsoort en of de bemesterelementen door het gewas sneden of niet.

Voor geen van de genoemde factoren, ook niet voor bodemdruk, kon een statistisch significant opbrengsteffect in het rijspoor aangetoond worden. Dit geldt ook voor het effect van de sporen op de opbrengst op het hele perceel.

Bij de afzonderlijke proeven werd in drie gevallen schade door verminderde gewasopbrengst in de sporen van de mestapparatuur geconstateerd, allemaal bij een bodemdruk boven de 1 bar. Als alle proeven bijeengenomen worden, waarbij de bodemdrukindicatie hoger dan 100 kPa (1 bar) was, dan blijkt het gemiddelde opbrengstverlies van 4,9% in de sporen bij deze proeven significant ($P < 0,05$) te verschillen van het gemiddelde verlies van 0,15% in de sporen waarin de bodemdruk lager dan 100 kPa was. Berekend met 30% bedekking van het veld met sporen bij de proeven met bodemdruk hoger dan 100 kPa was de opbrengstschade op perceelsniveau 1,5%. Bij bodemdrukken lager dan 100 kPa was de opbrengstschade op perceelsniveau 0,0%.

Op basis van alle waarnemingen kan geconcludeerd worden dat de opbrengstschade door rijsporen van de bemestingsapparatuur 1,5% bedraagt als de bodemdrukken hoger dan 100 kPa (1 bar) zijn, maar dat geen verlies optreedt als de bodemdrukken lager dan 100 kPa zijn. In één experiment werd éénmalig met een wiel berijden (hondegang) toegepast met bodemdrukken van 100 - 140 kPa. Bij deze proef werd enkel effect op de opbrengst van wintertarwe aangetoond.

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Bij najaarstoepassing van mest op bouwland gaat een groot deel van de aanwezige stikstof in de najaars- en winterperiode verloren. Voorjaarstoediening wordt daarom gezien als een mogelijkheid voor betere benutting van de stikstof uit de mest. Binnen de regelgeving is opgenomen dat vanaf 2009 op kleibouland drijfmest niet meer in de najaars- en winterperiode mag worden toegediend. Op zandbouland is voorjaarstoediening de gangbare praktijk. Echter, op kleibouland was nog slechts beperkt geëxperimenteerd met methoden voor mesttoediening in het voorjaar, waardoor een mogelijke afname van de toepassing van dierlijke mest op bouwland voorzien werd. Om dit te voorkomen was er behoefte aan goede methoden voor voorjaarsmesttoediening in de akkerbouw. De mesttoediening moet voldoen aan eisen om de ammoniakemissie te beperken. Ook moeten bodem- en gewasschade tijdens de toediening worden voorkomen.

De praktijk ondervond als knelpunten bij de mesttoediening in het voorjaar op kleibouland vooral de risico's voor schade aan bodem en gewas door de apparatuur waarmee mest toegediend wordt en logistieke problemen, omdat de mest beschikbaar moet zijn en toegediend moet worden binnen het korte tijdbestek dat het land goed bewerkbaar is om vertragingen bij zaaien/poten te voorkomen. Daarbij komt tevens dat voor een optimale benutting de mest nauwkeurig verdeeld moet worden en dat de mest emissiearm toegediend moet worden. Om de ammoniakemissie te beperken moet de mest voldoende worden ingewerkt, maar dit moet weer niet leiden tot een toename van bodemstructuur- en gewasschade. Zowel bij toediening op kaal bouwland als in een staand gewas moet volgens de regelgeving de mest óf in sleufjes in de grond gebracht worden óf in één werkgang toegediend en voldoende ingewerkt worden.

Voor de ondersteuning van het beleid en voor implementatie van emissiearme voorjaarsmesttoediening op kleibouland in de praktijk is inzicht nodig in de praktische mogelijkheden en de daarbij optredende gewas- en bodemschade.

De meest veelbelovende methode om ook op kleibouland in het voorjaar zonder bodemschade mest toe te dienen was het nog weinig toegepaste sleepslangaanvoersysteem, omdat daarmee het transport van mest over het land niet meer nodig is en lage bodemdrukken gerealiseerd kunnen worden op de machines die in het veld rijden. Als gewassen met de beste mogelijkheden voor mesttoediening in het voorjaar werden wintertarwe en aardappelen beschouwd. Beide gewassen hebben een relatief ruim tijdvenster waarin mest in het voorjaar toegediend kan worden: in wintertarwe hoeven praktisch geen voorjaarswerkzaamheden uitgevoerd te worden en in aardappelen omdat dit gewas relatief laat gepoot wordt en omdat er in principe ook na het poten nog mogelijkheden voor mesttoediening zijn.

Het voorliggende rapport beschrijft het onderzoek naar de effecten van voorjaarstoediening van mest in wintertarwe op bodem en gewas.

1.2 Doelstelling

De bredere doelstelling van het onderzoek was om na te gaan of er praktische mogelijkheden zijn voor mesttoediening in het voorjaar in wintertarwe op kleigrond. Onder praktische mogelijkheden wordt verstaan goed uitvoerbare wijzen van mesttoediening waarbij bovendien ammoniakemissie en risico's voor bodem- en gewasschade voldoende beperkt blijven. Hiertoe werden een aantal veldproeven uitgevoerd die specifiek tot doel hadden om de effecten van toepassing van verschillende huidige toedieningstechnieken in wintertarwe op bodem en gewas na te gaan.

1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt de algemene opzet van het onderzoek weergegeven. In Hoofdstuk 3 worden de afzonderlijk uitgevoerde veldproeven beschreven met hun opzet en resultaten. Tot slot worden in Hoofdstuk 4 alle resultaten bijeengebracht in een synthese en worden de conclusies uit het onderzoek weergegeven.

2. Algemene opzet van het onderzoek

Het onderzoek naar de schade-effecten bij mesttoediening in het voorjaar in wintertarwe is in verschillende jaren uitgevoerd door middel van veldproeven op kleibouwland op locaties verspreid over de klei akkerbouwgebieden binnen Nederland:

- Marrum, Friesland (2006)
- Ulrum, Groningen (2007)
- Lelystad, Flevopolder (2008, 2009)
- Slootdorp, Wieringermeer (2008, 2009)
- Tholen, Zeeland (2007)
- Lepelstraat, West-Brabant (2008)

In de veldproeven is een vergelijking gemaakt tussen de effecten van berijding met mesttoedieningsapparatuur op de bodem en de tarweopbrengst (in en naast de wielsporen) en de effecten van mogelijke mechanische schade door de mesttoedieningselementen op de opbrengst (wel of niet in de bodem laten snijden). In de proeven zijn alle onderzoeksobjecten aangelegd met dierlijke mest en in een aantal gevallen ook met kunstmest om na te gaan of daarbij ook schadelijke effecten optreden.

De toegepaste methoden van bemesting varieerden per proef al naar gelang praktische toepassing in het gebied en beschikbaarheid, maar de focus lag op de effecten van bemesters met sleepslangaanvoer, omdat hiervan goede resultaten verwacht werden op de bodemdruk. In twee van de proeven werd ook het effect van gewasstadium tijdens de bemesting onderzocht. Om de effecten te tonen werden in alle proeven bodem- en gewaswaarnemingen uitgevoerd. Daarnaast werden de specificaties van de gebruikte machines opgetekend, met name om te berekenen hoeveel van het veld door wielen bereden werd en wat de orde van grootte van de bodemdruk was.

2.1 Bodemwaarnemingen

Natheid tijdens de bemesting

Om aan te geven onder welke omstandigheden met de apparatuur gewerkt werd is de natheid van het bodemprofiel (0-50 cm diepte) direct na de mesttoediening gemeten. Om te karakteriseren hoe droog of nat het was tijdens de mesttoediening zijn tijdens de aanleg random steken met een guts genomen tot 50 cm diepte. De grondkolom van elke steek werd per 5 cm diepte doorgesneden, zodat monsters per 5 cm dieptelaag ontstonden. Voor elke dieptelaag werden de zo verkregen monsters samengevoegd tot één mengmonster. In het laboratorium werd van een deel van elk mengmonster het vochtgehalte (gew. %, droge basis) bepaald. Een ander deel van het mengmonster werd gebruikt om een monsterring te vullen en van de grond het vochtgehalte (gew. %, droge basis) bij veldcapaciteit (vochtige grond; pF2) te bepalen. De natheid van de grond is gekarakteriseerd door het verschil (Δm) tussen het actuele vochtgehalte en het vochtgehalte bij veldcapaciteit (pF2). Δm is een indicatie voor de mate van natheid waaronder gewerkt werd; hoe nat de grond bij een zekere Δm aanvoelt houdt ook verband met de vorm van de pF-curve. Echter, Δm is een betere indicatie voor de natheid van de grond dan het vochtgehalte zelf, dat sterk varieert met grondsoort, organische stofgehalte, etc. In het algemeen is kleigrond bij pF2 al aan de natte kant om te bewerken of om over heen te rijden in het voorjaar. Deze toestand komt in het voorjaar vrij veel voor op onbegroeide grond. Als de grond uit gaat drogen loopt Δm af van 0 naar negatief. Bij een Δm van -4 is de grond in het algemeen droog, zeker droog genoeg om te bewerken.

Porositeit

Na de mesttoediening is in en buiten het spoor naar de bodemstructuur gekeken door meting van de porositeit van de grond en de luchtgevulde porositeit bij veldcapaciteit (pF2) op de dieptes 2,5-7,5 cm en 10-15 cm -mv. Vooral het luchtgehalte bij pF2 is indicatief voor mogelijke beperking van de groei door zuurstofgebrek van de wortels (onder natte omstandigheden). Ter bepaling van deze porositeiten werden de proefvelden direct na aanleg van de objecten

bemonsterd. Per herhaling, object en diepte zijn ringmonsters (100 cc) genomen, random binnen de objecten. Vuistregel is dat de omstandigheden in de grond beperkend voor de groei worden als het luchtgehalte beneden de 10% komt. Bij luchtgehalten < 5% zijn de omstandigheden echt beperkend en kun je ook blauwkleuring door anaerobie tegenkomen. In aanmerking genomen dat wintertarwe relatief ongevoelig is voor bodemverdichting, zijn deze cijfers voor wintertarwe aan de conservatieve kant.

Indringweerstand

Na de mesttoediening is in en buiten het spoor de indringweerstand van de bovenste 80 cm van de grond gemeten. Uit het profiel van de indringweerstand kunnen mogelijk storende, dichte lagen opgespoord worden. Ter bepaling van de indringweerstand van de grond werd per herhaling en object 10 keer de kracht bepaald die het kost om een pen met conus de grond in te drukken. Voor deze metingen is gebruik gemaakt van een Eijkelkamp Electronische Penetrologger met een pen voor continue metingen van 0 tot 80 cm diepte, per diepte interval van 1 cm. De gebruikte conus heeft een tophoek van 60° en een oppervlakte van de basis van 1 cm². De indringkracht wordt gemeten in Newton. De indringweerstand wordt weergegeven in MPa *i.e.* de druk berekend op basis van de indringkracht en de oppervlakte van de conusbasis. De indringweerstand is niet alleen afhankelijk van de dichtheid van de grond, maar ook van het vochtgehalte en andere zaken in de grond. Feitelijk kan dus niet een beoordeling gemaakt worden over de absolute dichtheid van de grond op grond van de gemeten waarden, maar, mits op hetzelfde tijdstip gemeten, geeft de indringweerstand wel een goede indicatie van het relatieve verschil in dichtheid tussen behandelingen. Omdat de indringweerstand van de grond beneden de jaarlijkse ploegdiepte niet samenhangt met de éénmalige berijding tijdens de mesttoediening in het voorjaar is alleen de indringweerstand in de dieptelaag 0 - 30 cm relevant voor deze proef.

2.2 Gewaswaarnemingen

De metingen aan het gewas omvatten de ontwikkeling van het gewas (visueel) en de gewasopbrengst zowel in als buiten de sporen. Voor de opbrengstbepaling in en naast de sporen werd een proefveldmachine gebruikt. In de situaties waarbij de werkbreedte van de proefveldmachine breder was dan het spoor werd de geogoste opbrengst gecorrigeerd met de gemeten opbrengst buiten het spoor in het betreffende object om zo de exacte opbrengst in het spoor te verkrijgen. Graanmonsters werden genomen om het vochtgehalte te bepalen. De gemeten opbrengst werd steeds voor alle proefvelden omgerekend tot de opbrengst bij een vochtgehalte van 15%.

3. Veldonderzoeken

3.1 Marrum, 2006

3.1.1 Opzet en uitvoering

De proef in Marrum (2006) uitgevoerd op een perceel zware zavelgrond dicht bij de Waddenzee. De grond had een lutumgehalte van 19%, een kalkgehalte van 2,8%, een gehalte aan organische stof van 1,8% en een pH van 7,4. De wintertarwe (ras Tataros) op het proefperceel was op 4 oktober 2005 gezaaid.

De doelstelling van de proef was om na te gaan wat de invloed was van twee soorten mesttoedieningsapparatuur op bodem en gewas. De gebruikte apparatuur was:

- een trekker + mesttank + zodenbemester (werkbreedte 7,6 m.; Figuur 3.1.1) en
- een trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester (werkbreedte 12 m.; Figuur 3.1.2).

Bij de meting van de effecten werd onderscheid gemaakt tussen de effecten in het spoor en buiten het spoor en werd ook het snijeffect van de bemesterelementen ten opzichte van geheel niet behandelde veldjes meegenomen. In Tabel 3.1.1 zijn de proefobjecten weergegeven. Het spooreffect van de machines werd onderzocht door vergelijking van de opbrengst van de objecten A en B, respectievelijk C en D. Bij de bemesters werd steeds gereden met de bemesters op de grond neergelaten. Het snijeffect werd onderzocht door vergelijking van objecten B en E voor de zodenbemester en D en E voor de sleufkouterbemester.

Tabel 3.1.1. De behandelingen in de proef.

Wijze van mesttoediening	Sporen	Object
Trekker + mesttank + zodenbemester	In het spoor	A
Bemesterelementen maken een sleufje in de grond	Buiten het spoor	B
Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester	In het spoor	C
Bemesterelementen maken een sleufje in de grond	Buiten het spoor	D
Geen sporen of doorsnijdingen door bemester	Buiten het spoor	E



Figuur 3.1.1. Trekker + mesttank met zodenbemester (links) en detail van de zodenbemester (rechts).



Figuur 3.1.2. Trekker + sleepslangaanvoer met sleufkouterbemester (links) en detail van de sleufkouterbemester (rechts).

Er werd in de proef geen dierlijke mest toegediend om mogelijke beïnvloeding van de spoor- en snijeffecten door verschil in besmeuring met mest of mestbenutting uit te sluiten. In plaats van dierlijke mest kregen alle veldjes dezelfde hoeveelheid kunstmest: op 22 maart 92 kg N ha⁻¹; op 15 mei 81 kg N ha⁻¹ en 2 juni 40 kg N ha⁻¹.

De gevonden effecten zijn daarmee puur de mechanische effecten van de banden en de bemesterelementen. Bij de zodenbemester is de mesttank gevuld met water om de metingen bij een zo realistisch mogelijk gewicht van de machine uit te voeren. Aslastgegevens en bodemdrukindicatie van de machines, zoals ze gebruikt zijn in de proef, zijn samengevat in Tabel 3.1.2. Meer details van de gebruikte apparatuur zijn weergegeven in Bijlage I. De proef werd in viervoud aangelegd op 25 april 2006.

Tabel 3.1.2. Aslasten en bodemdrukindicaties van de in de proef in Ulrum gebruikte mesttoedieningsapparatuur.

As	Bandmaat	Bandbreedte (cm)	Bemester geheven		Bemester op de grond	
			Aslast (kg)	Indicatie bodemdruk (kPa) *)	Aslast (kg)	Indicatie bodemdruk (kPa) *)
<i>Trekker + mesttank + zodenbemester (vol)</i>						
Trekker voor	540/65R28	54	2800	< 40	2620	< 40
Trekker achter	30.5LR32	77,5	8000	50	9140	50
Mesttank	66x44.00-25N	112	16280	> 280	13000	> 280
<i>Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester, bemester uitgekapt **)</i>						
Trekker voor	750/45-30.5	75	2740	< 50	3000	< 50
Trekker achter	1050/50R32	105	7280	40	6200	40

*) Als indicatie voor de bodemdruk is weergegeven de banddruk die volgens de fabrikant nodig zou zijn om de gegeven aslast te dragen bij een snelheid van 10 km/h.

**) Gewichten zonder slang op de rol in de fronthef.

Bodemwaarnemingen

Om te karakteriseren hoe droog of nat het was tijdens de mesttoediening zijn tijdens de aanleg op 25 april 2006 per blok 10 random steken met een guts genomen tot 50 cm diepte. Na de mesttoediening (zonder mest) is in en buiten het spoor naar de bodemstructuur gekeken door meting van de porositeit van de grond en de luchtgevulde porositeit bij veldcapaciteit (pF2) op de dieptes 2,5 - 7,5 cm en 10 - 15 cm -mv. Per herhaling, object en diepte zijn 6 ring-monsters (100 cc) genomen, random binnen de objecten. In totaal zijn 240 monsters gestoken. Tenslotte is ook de indringweerstand van de bovenste 80 cm van de grond gemeten. Ter bepaling van de indringweerstand van de grond werd op 25 april 2006 per herhaling en object 10 keer de kracht bepaald die het kost om een pen met conus de grond in te drukken.

Gewaswaarnemingen

De metingen aan het gewas omvatten de ontwikkeling van het gewas op twee tijdstippen (visueel) en de gewasopbrengst zowel in als buiten de sporen.

3.1.2 Resultaten

Bodem

De natheid van de grond tijdens de mesttoediening (zonder mest) is weergegeven in Tabel 3.1.3. Tijdens de aanleg van de proef was de grond droog, wat blijkt uit het verloop van Δm : van ca. -9 aan het oppervlak tot ca. -3,5 onderin het profiel.

Tabel 3.1.3. Natheid van de grond tijdens de mesttoediening.

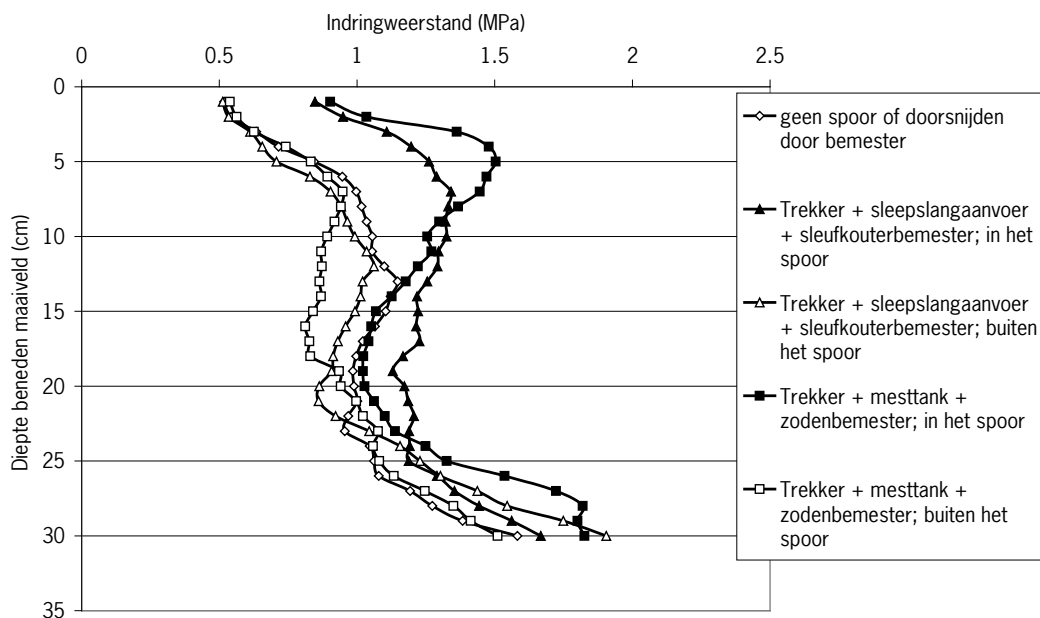
Diepte (cm -mv)	Vochtgehalte bij bewerken (% m/m; d.b.)	Vochtgehalte bij pF2 (% m/m; d.b.)	Natheid (Δm) (gew. %; d.b.)
2,5	15,39	24,16	-8,78
7,5	17,87	25,25	-7,38
12,5	19,68	25,17	-5,49
17,5	20,77	24,13	-3,36
22,5	21,11	24,88	-3,77
27,5	21,10	24,29	-3,19
32,5	21,13	24,57	-3,44
37,5	22,39	26,11	-3,72
42,5	22,86	26,73	-3,87
47,5	24,47	28,19	-3,72

De porositeit van de grond en de luchtgevulde porositeit bij veldcapaciteit (pF2) zijn weergegeven in Tabel 3.1.4. De resultaten laten zien dat de grond in het spoor van de trekker met tank en zodenbemester het laagste luchtgehalte heeft, zodanig dat het tot bouwvoordiepte beperkend voor de groei is. Voor het spoor van de trekker met de sleepslangaanvoermachine is dit in mindere mate het geval en is er alleen mogelijk enige beperking onderin de bouwvoor. De bemesterelementen van zowel de zodenbemester als de sleufkouterbemester hebben geen invloed op de dichtheid van de grond.

Tabel 3.1.4. Porositeit en luchtgevulde porositeit bij veldcapaciteit (pF_2) op twee dieptes in de bouwvoor na mesttoediening.

Object	Poriënvolume (%) ($I_{sd} = 1,87$)		Luchtgehalte (%) bij veldcapaciteit (pF_2), ($I_{sd} = 3,0$)	
	2,5 - 7,5 cm -mv	10 - 15 cm -mv	2,5 - 7,5 cm -mv	10 - 15 cm -mv
Trekker + mesttank + zodenbemester, in het spoor	38,7	38,6	4,1	3,2
Trekker + mesttank + zodenbemester, buiten het spoor	46,1	42,7	15,3	9,7
Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester, in het spoor	42,8	41,0	10,4	7,7
Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester, buiten het spoor	48,5	43,0	19,1	10,7
Geen spoor of bemester	48,9	42,4	19,8	9,6

De gemeten indringweerstand in de bovenste 30 cm van de bodem is weergegeven in Figuur 3.1.3. De metingen laten duidelijk zien dat de indringweerstand in de sporen hoger is en dat er beneden 25 cm een wat vastere laag zit ('ploegzool'). De metingen laten hetzelfde beeld zien als bij de porositeiten: de hoogste dichtheid is aanwezig in het spoor van de trekker + tank met zodenbemester. Bij dit object zijn er aanwijzingen dat de grond door het berijden zelfs in de laag 25 - 30 cm wat verder verdicht is geraakt.



Figuur 3.1.3. De indringweerstand van de grond direct na de mesttoediening (zonder mest).

Gewas

Hoe de sporen in de tarwe toonden, laten de figuren 3.1.4 en 3.1.5 zien. Duidelijk is te zien dat de wintertarwe in het spoor van de trekker + mesttank (Figuur 3.1.5) veel platter ligt dan in het spoor van de trekker met sleepslangaanvoer (Figuur 3.1.4). De relatief hoge bodemdruk van de banden onder de trekker + tank (benodigde banddruk van mesttank is minstens 280 kPa) doet zo op het oog meer schade aan het gewas dan de lage bodemdruk van de trekker met sleepslangaanvoer (benodigde banddruk < 50 kPa (0,5 bar)).

Ook later in het seizoen is er gekeken naar de invloed van de sporen op de groei en ontwikkeling van de wintertarwe. De Figuren 3.1.6 en 3.1.7 laten zien dat de ontwikkeling in het spoor van de trekker + mesttank geremd was. De aren kwamen hier later uit de aarschede dan buiten het spoor. In het spoor van de trekker + mesttank stonden ook minder halmen en waren de halmen wat korter en groener.



Figuur 3.1.4. Spoor van trekker met slangaanvoer.



Figuur 3.1.5. Spoor van trekker + mesttank.



Figuur 3.1.6. Ontwikkeling spoor van trekker + mesttank. Er zijn nog geen aren zichtbaar.



Figuur 3.1.7. Ontwikkeling buiten het spoor. De eerste aren zijn zichtbaar.

In het spoor van de trekker met sleepslangaanvoer waren geen duidelijke verschillen waar te nemen met het gewas buiten het spoor; De wintertarwe had hier zo op het oog geen schade opgelopen van het over het gewas rijden in het voorjaar.

De opbrengst in de sporen werd bepaald op een strook van 1,5 m (werkbreedte proefveldcombine) waarin een spoor lag. De zuivere opbrengsten in de sporen van de trekker met sleepslangaanvoer (1,05 m breed) en van de trekker + mesttank (1,12 m breed) werden berekend door de opbrengsten te corrigeren voor de meege oogste strook onbereden met behulp van de opbrengst van het naastliggende onbereden veldje. De zuivere gewasopbrengsten in en buiten het spoor zijn weergegeven in Tabel 3.1.5.

Tabel 3.1.5. Invloed van de mesttoedieningstechniek op de opbrengst van wintertarwe.

Object	Indicatie bodemdruk (kPa)			Opbrengst (ton ha ⁻¹), (lsd = 1,3) *)
	As 1	As 2	As 3	
Trekker + mesttank + zodenbemester	Buiten spoor			10,7
	In spoor	< 40	50 > 280	9,7
Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester	Buiten spoor			11,3
	In spoor	< 50	40 -	10,8
Geen spoor of bemester	Onbereden			11,2

*) Verschillen tussen twee resultaten > lsd zijn betrouwbaar ($P < 0,05$).

De opbrengst in de sporen was niet significant lager dan buiten de sporen, zowel bij de trekker + mesttank + zodenbemester als bij de trekker + sleepslangaanvoer. De opbrengsten buiten het spoor verschillen niet significant tussen de zodenbemester, sleufkouterbemester en onbereden; dit betekent dat snijeffecten op de opbrengst niet aangetoond werden. De combinatie trekker + mesttank + zodenbemester laat wel een trend zien van lagere opbrengsten in en buiten het spoor. Bij de combinatie trekker + mesttank + zodenbemester wordt, rekening houdend met de werkbreedte en bandbreedte van deze combinatie, 29% van de oppervlakte bereden. Bij de sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester combinatie wordt 18% bereden. Rekening houdend met het bereden oppervlak (spooroppervlak) van deze combinaties was de perceelsopbrengst (Tabel 3.1.6) bij de trekker + mesttank + zodenbemester combinatie significant 7% lager dan bij de trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester combinatie en het onbereden perceel. Deze lagere opbrengst wordt veroorzaakt door het gecombineerde schade-effect van berijden en snijden.

Tabel 3.1.6. Invloed van de mesttoedieningstechniek op de opbrengst van wintertarwe in de praktijk.

Object	Opbrengst (ton ha ⁻¹) (lsd = 0,6) *)	Opbrengst relatief
Geen spoor of bemester	11,2	100
Trekker + mesttank + zodenbemester	10,4	93
Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester	11,2	100

*) Verschillen tussen twee resultaten > lsd zijn betrouwbaar ($P < 0,05$).

3.1.3 Samenvatting en conclusies

De resultaten van deze proef laten zien dat bij gebruik van een bodemvriendelijke combinatie van trekker + mesttank (banddruk minimaal 280 kPa) de bodem te veel verdicht werd, zelfs onder de relatief droge bodemomstandigheden tijdens de proef. De tarwe in deze sporen lieten ten opzichte van een situatie zonder spoor een opbrengstderving van 9% zien (Tabel 3.1.5). Indien de trend van opbrengstverlies door snijden van de zodenbemester wordt meegerekend betekent dit op perceelsniveau een opbrengstderving van 7% (Tabel 3.1.6).

Bij aanvoer van de mest met een over het land getrokken slang, waren de lasten op de trekkerbanden beperkt en konden lage banddrukken gehaald worden (60 kPa), waardoor er in de sporen geen bodemverdichting en opbrengstderving optrad.

3.2 Tholen, 2007

3.2.1 Opzet en uitvoering

De proef op Tholen (2007) werd uitgevoerd op een perceel met lichte zavelgrond. Volgens de akkerbouwer was er een behoorlijk verloop in zwaarte op het perceel. Op grond daarvan werd de proef zowel op een 'licht' als een 'zwaar' deel van het perceel aangelegd. De algemene bodemkarakteristieken van beide objecten werden bepaald door BLGG te Oosterbeek aan de hand van een mengmonster per object van random over het proefveld verzamelde grond (Tabel 3.2.1). De wintertarwe op het proefveld is op 3 en 4 november 2006 gezaaid.

Tabel 3.2.1. Analysegegevens van de grond voor de objecten 'licht' en 'zwaar'.

Object	pH	Organische stof (%)	CaCO ₃ %	Lutum % < 2 µm	Silt % 2 - 50 µm	Afslibbaar % < 16 µm	Grondsoort
Licht	7,6	2,2	1,1	9,9	18,4	13,9	Zeer lichte zavel
Zwaar	7,6	2,7	0,9	13,8	22,3	20,6	Matig lichte zavel

De doelstellingen van de proef waren om na te gaan welke effecten er zijn op de bodem en het gewas door het in een sleufje of boven de grond toedienen van de mest en het licht inwerken van de mest in een aparte werkgang met een onkruiddeg. Voor de proef werden een combinatie van trekker + sleepslangaanvoer + zodenbemester (Figuur 3.2.1) en een wiedeeg (Figuur 3.2.2) gebruikt. Aslastgegevens en bodemdrukindicatie van de machines, zoals ze gebruikt zijn in de proef, zijn samengevat in Tabel 3.2.2. Meer details van de gebruikte apparatuur zijn weergegeven in Bijlage II.



Figuur 3.2.1. Trekker met sleepslangaanvoer met zodenbemester (links) en detail van de zodenbemester (rechts).



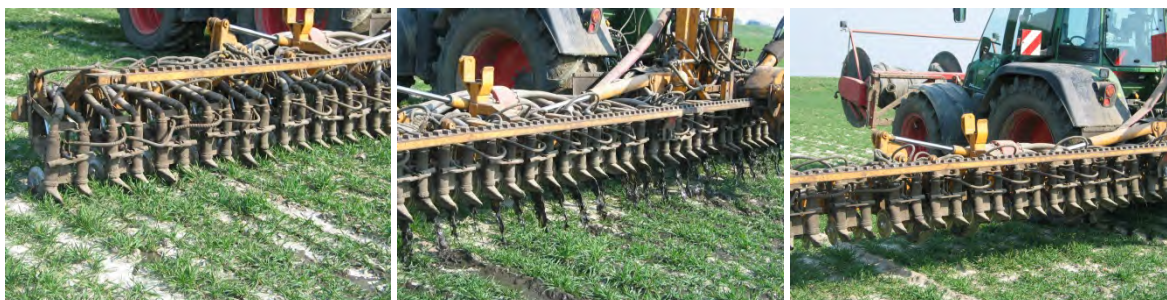
Figuur 3.2.2. Trekker met wiedeg.

Tabel 3.2.2. Aslasten en bodemdrukindicaties van de in de proef in Tholen gebruikte mesttoedieningsapparatuur.

As	Bandmaat	Bandbreedte (cm)	Bemester in de hef		Bemester op de grond	
			Aslast (kg)	Indicatie bodemdruk (kPa) *)	Aslast (kg)	Indicatie bodemdruk (kPa) *)
<i>Trekker + sleepslangaanvoer + zodenbemester inclusief slanghaspel</i>						
Trekker voor	710/55R30	68	3460	40	4760	40
Trekker achter	900/50R42	85	10780	90	5380	40

*) Bodemdrukindicatie: de banddruk die volgens de fabrikant nodig is om de gegeven aslast te dragen bij 10 km/h.

De mesttoediening werd uitgevoerd op 28 maart 2007 met een 12 m breed werkende zodenbemester met aanvoer van de mest via een sleepslang. De combinatie had, met de bemester neergelaten (object Bemesterelementen brengen mest in een sleufje in de grond), relatief lage aslasten en kon met 40 kPa (0,4 bar) bandspanning werken (bij 10 km/h). Met de bemester geheven (objecten Bemesterelementen geheven: brengen mest uit boven de grond en Bemesterelementen geheven: brengen geen mest uit, later wordt kunstmest gegeven) en op de kopakkers was echter minimaal 90 kPa (0,9 bar) luchtdruk in de banden nodig (bij 10 km/h). Om onderscheid te kunnen maken tussen de verschillende mogelijke schade-effecten werd de bemester gebruikt zowel op een normale (verplicht voorgeschreven) wijze (mest in sleufjes in de grond, Figuur 3.2.3, links), werkend met de bemesterelementen boven de grond (Figuur 3.2.3, midden) en werkend met de bemesterelementen boven de grond zonder drijfmestgift (Figuur 3.2.3, rechts).



Figuur 3.2.3. Zodenbemesterelementen in de grond (links), boven de grond (midden) en boven de grond zonder mestgift (rechts).

De veldjes zonder drijfmestgift werden wel met kunstmest bemest in een dosering gelijk aan de verwachte werkzame hoeveelheid stikstof in de velden met drijfmest. Na toediening van de mest werd op een deel van de plots de mest ingeëgd met een wiedege en op een ander deel niet, ook op de veldjes waarop geen mest maar kunstmest werd gegeven. In de proef werden zowel de effecten in en naast de sporen gemeten.

De behandelingen zijn samengevat in Tabel 3.2.3. Het wiedegeeffect werd onderzocht door vergelijking van alle veldjes die gewiedegd werden met de niet geëgde veldjes, zowel per behandeling als gemiddeld over alle behandelingen. Het spooreffect van de machines werd onderzocht door vergelijking van de gemiddelde opbrengst van de objecten A en B met die van C en D, respectievelijk E en F met die van G en H, respectievelijk I en J met die van K en L. Het snijeffect werd onderzocht op niet bereiden land door vergelijking van de gemiddelde opbrengst van de objecten A en B met die van E en F. De proef is uitgevoerd in 4 herhalingen en is in zijn geheel uitgevoerd zowel op de zeer lichte zavel als op de matig lichte zavelgrond.

Op de bemeste veldjes werd 30 ton/ha varkensdrijfmest toegediend met een stikstofgehalte van 5,8 kg/ton, in totaal 174 kg N/ha. Er is uitgegaan van een stikstofwerking van de drijfmest van 57%. Op het object bemesting met kunstmeststikstof is daarom 100 kg N/ha gegeven.

Tabel 3.2.3. De behandelingen in de proef.

Behandeling	Sporen en egbewerking	Object
Bemesterelementen brengen mest in een sleufje in de grond	Buiten het spoor, niet geëgd	A
	Buiten het spoor, wel geëgd	B
	In het spoor, niet geëgd	C
	In het spoor, wel geëgd	D
Bemesterelementen geheven: brengen mest uit boven de grond	Buiten het spoor, niet geëgd	E
	Buiten het spoor, wel geëgd	F
	In het spoor, niet geëgd	G
	In het spoor, wel geëgd	H
Bemesterelementen geheven: brengen geen mest uit, later wordt kunstmest gegeven	Buiten het spoor, niet geëgd	I
	Buiten het spoor, wel geëgd	J
	In het spoor, niet geëgd	K
	In het spoor, wel geëgd	L

Bodemwaarnemingen

Om de natheid te karakteriseren zijn tijdens de aanleg per blok 10 random steken met een guts genomen tot 50 cm diepte (totaal 8 monsterplekken). Na de mesttoediening is in en buiten het spoor naar de bodemstructuur gekeken door meting van de porositeit van de grond en de luchtgevulde porositeit bij veldcapaciteit (pF2) op twee dieptes, 2,5 - 7,5 cm en 10 - 15 cm -mv. Ter bepaling van deze porositeiten werden de kunstmestveldjes (het gedeelte dat niet gewiedegd was) van het proefveld direct na aanleg van de objecten bemonsterd. Er is bij de proefopzet van uitgegaan dat zowel de werking van de zodenbemesterelementen, het wel of niet geven van dierlijke mest en het al of niet wiedegegen geen invloed heeft op de porositeit in de bouwvoor. De monsters werden gestoken op twee dieptes; 2,5 - 7,5 cm en 10 - 15 cm -mv. Per herhaling, object (spoor en geen spoor) en diepte zijn 5 ringmonsters (100 cc) genomen, zowel op de lichte grond als op de zwaardere grond. In totaal zijn 160 monsters gestoken.

Tenslotte is ook de indringweerstand van de bovenste 30 cm van de grond gemeten. Ter bepaling van de indringweerstand van de grond werd op 28 maart 2007 per grondsoort, herhaling en object (spoor, geen spoor) 10 keer de kracht bepaald die het kost om een pen met conus de grond in te drukken. In totaal zijn 160 metingen gedaan.

Gewaswaarnemingen

De metingen aan het gewas omvatten de ontwikkeling van het gewas op de lichte grond, op 14 juni 2007 (visueel) en de gewasopbrengst op de lichte en de zware grond zowel in en naast de sporen als wel en niet gewiedegd. Bij het uitrijden van de drijfmest zijn de wielsporen van de mestmachine gemarkeerd. Vervolgens zijn veldjes uitgezet voor opbrengstbepaling in en buiten het spoor van de mestmachine. Het totaal aantal veldjes waarvan de opbrengst is bepaald, komt uit op 96 veldjes: hoofdobjecten (3) * eggen (2) * spoor mestmachine (2) * herhalingen (4) * zwaarte grond (2). De proef is geoogst op 22 augustus met een proefveldcombine. De proefveldcombine had een werkbreedte van 200 cm. Per veldje is 25 m² geoogst, waarvan de opbrengst en het vochtgehalte van de tarwe zijn gemeten. De tarwe is geoogst bij een gemiddeld vochtgehalte van 14,7%. Alle objecten hadden hetzelfde vochtgehalte. Per veldje zijn de opbrengsten teruggerekend naar een vochtgehalte van 15%. Uit de gemeten opbrengsten, over een breedte van 200 cm, zijn de zuivere opbrengsten in het spoor (85 cm breed) berekend met de aanname dat de opbrengst in de meegemeten stroken naast de sporen gelijk is aan de opbrengst die buiten het spoor gemeten werd. Tenslotte werd met behulp van de breedte van de sporen en de totale werkbreedte van de bemester ook berekend welk effect het berijden met de bemester had op de totale perceelsopbrengst.

3.2.2 Resultaten

Bodem

De natheid van de grond tijdens de toediening van mest is weergegeven in Tabel 3.2.4. De grond was droog aan het oppervlak, maar dieper dan 5 cm was de grond nog vochtig tot nat, wat blijkt uit het verloop van Δm : -3,6 (zeer lichte zavel) en -6,2 (matig lichte zavel) aan het oppervlak en gemiddeld ca. 1 over de bouwvoordiepte.

Tabel 3.2.4. Natheid van de bodem tijdens toedienen van de mest op 28 maart 2007.

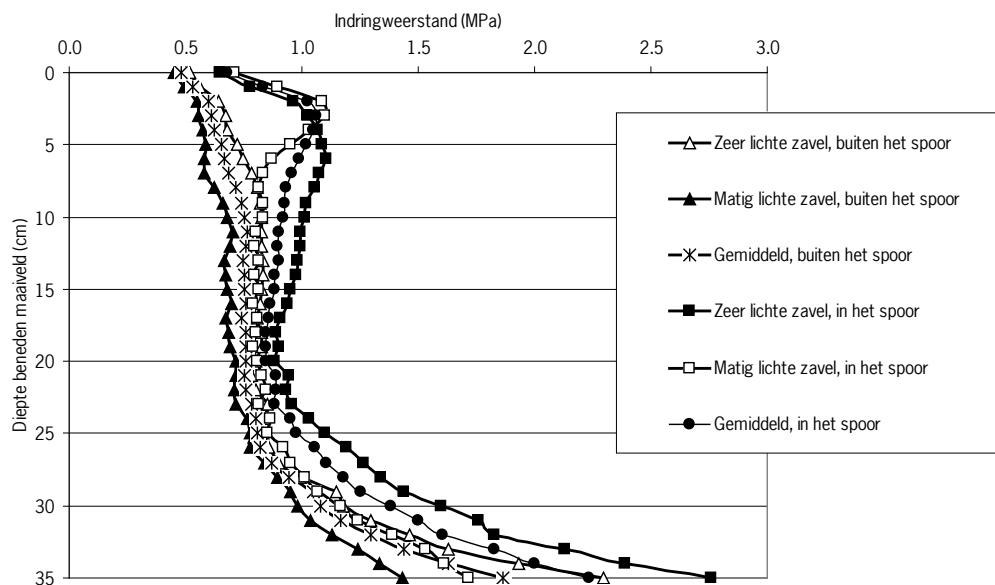
Diepte (cm -mv)	Zeer lichte zavel			Matig lichte zavel		
	Vochtgehalte bij bewerken (% m/m; d.b.)	Vochtgehalte bij pF2 (% m/m; d.b.)	Vershil (Δm) (gew. %, d.b.)	Vochtgehalte bij bewerken (% m/m; d.b.)	Vochtgehalte bij pF2 (% m/m; d.b.)	Vershil (Δm) (gew. %, d.b.)
2,5	15,7	19,3	-3,6	18,4	24,6	-6,2
7,5	19,4	18,6	0,8	22,2	23,6	-1,4
12,5	20,4	18,7	1,7	23,0	23,1	-0,1
17,5	21,2	19,3	1,9	23,6	22,6	1,0
22,5	22,0	19,3	2,7	24,0	22,8	1,2
27,5	22,4	19,8	2,6	24,5	23,4	1,1
32,5	21,4	19,4	2,0	22,3	24,1	-1,8
37,5	20,5	19,6	0,9	21,8	25,2	-3,4
42,5	21,0	19,0	2,0	22,9	24,8	-1,9
47,5	22,4	19,8	2,6	24,6	31,2	-6,6

De resultaten van de ringbemonstering zijn weergegeven in Tabel 3.2.5. De cijfers in Tabel 3.2.5 geven aan dat het luchtgehalte in de sporen van de trekker + zodenbemester op beide dieptes en op beide grondsoorten zo laag is dat men zelfs in wintertarwe remming van de groei zou mogen verwachten. Buiten de trekkersporen is het luchtgehalte hoog genoeg en mag als niet beperkend voor de groei beschouwd worden.

Tabel 3.2.5. Poriënvolume en luchtgehalte bij pF2 van de tarwepercelen, buiten en in de sporen van de trekker + zodenbemester met sleepslangaanvoer op dieptelagen 2,5 - 7,5 cm en 10 - 15 cm.

Grondsoort	Spoorobject	Poriënvolume (% v/v)			Luchtgehalte (% v/v)		
		2,5 - 7,5 cm -mv	10 - 15 cm -mv	Isd (% v/v)	2,5 - 7,5 cm -mv	10 - 15 cm -mv	Isd (% v/v)
Zeer lichte zavel	Buiten het spoor	43,8	41,3	0,9	13,7	10,8	1,6
	In het spoor	38,3	39,0		5,8	6,1	
Matig lichte zavel	Buiten het spoor	49,2	44,1	1,2	18,7	10,5	1,8
	In het spoor	40,0	40,1		4,4	4,1	
Gemiddeld	Buiten het spoor	46,5	42,7	0,8	16,2	10,6	1,4
	In het spoor	39,1	39,6		5,1	5,1	

De resultaten van de indringweerstandsmetingen (Figuur 3.2.4) laten duidelijk zien dat de indringweerstand in de sporen hoger is en dat de grond beneden 25 cm dichter wordt, wellicht ten gevolge van een 'ploegzool'. Deze waarnemingen bevestigen de gevonden hogere dichtheden in de sporen bij de grondbemonstering.



Figuur 3.2.4. Indringweerstand van de grond op de zeer lichte en de matig lichte zavel op 28 maart 2007, in en buiten de sporen van de trekker met zodenbemester met sleepslangaanvoer.

Gewas

Bij de gewasbeoordeling op 14 juni 2007 op het lichte perceelsgedeelte waren er nauwelijks verschillen tussen de objecten te zien. In de eerste herhaling was de stand van het object 'Bemesterelementen geheven: brengen mest uit boven de grond' wat onregelmatig en in de tweede herhaling was de tarwe in object 'Bemesterelementen brengen mest in een sleufje in de grond' ongeveer 4 cm korter dan die van de andere objecten. In het object 'Bemesterelementen geheven: brengen geen mest uit, later wordt kunstmest gegeven' waren in de tweede herhaling banen zichtbaar, die geen verband hielden met de bewerkingen.

De gemiddelde gewasopbrengst op het lichte gedeelte van het perceel was 7800 kg ha⁻¹ en die op het zware gedeelte 7575 kg ha⁻¹. Dit verschil in opbrengst bleek niet betrouwbaar en er is ook geen interactie met de behandelingen aangetoond. Dit betekent dat voor de interpretatie van de resultaten het onderscheid tussen lichte en zware grond feitelijk vervalt. Voor de verdere analyse is daarom uitgegaan van één proef, uitgevoerd in 8 herhalingen.

In Tabel 3.2.6 zijn de opbrengsten in en buiten het spoor per behandeling weergegeven om het berijdingseffect per mestbehandling te laten zien. Voor geen van de mestbehandelingen was het verschil tussen de (zuivere) opbrengst in het spoor en buiten het spoor statistisch significant ($P < 0,05$). Op basis van de bodemwaarnemingen, die representatief waren voor de objecten 'Bemesterelementen geheven: brengen mest uit boven de grond' en 'Bemesterelementen geheven: brengen geen mest uit', zou men wel enige opbrengstderving in de sporen verwacht hebben.

Het snijeffect van de zodenbemester elementen is ook in Tabel 3.2.6 zichtbaar door vergelijking van de opbrengst buiten het spoor voor de behandelingen 'mest in een sleufje in de grond' met 'mest boven de grond'. Het snijeffect was niet statistisch significant.

Tabel 3.2.6. Gemiddelde gewasopbrengsten (in kg ha⁻¹ bij 15% vocht) per mestbehandling, in en buiten het spoor.

Behandeling	Bodemdrukindicatie (kPa)		Opbrengst (kg ha ⁻¹) (lsd = 690)	
	As 1	As 2	In het spoor	Buiten het spoor
Bemesterelementen brengen mest in een sleufje in de grond	40	40	7833	7630
Bemesterelementen geheven: brengen mest uit boven de grond	40	90	7508	7629
Bemesterelementen geheven: brengen geen mest uit, later wordt kunstmest gegeven	40	90	8138	7737

Het effect van eggen per behandeling is weergegeven in Tabel 3.2.7. Ook het effect van eggen op de gewasopbrengst was niet statistisch significant ($P < 0,05$).

Tabel 3.2.7. Gemiddelde gewasopbrengsten (in kg ha⁻¹ bij 15% vocht) van geëgd veldje en niet geëgd veldjes per object en gemiddeld over alle mestbehandelingen.

Behandeling	Opbrengst (kg ha ⁻¹) (lsd = 695)	
	Geëgd	Niet geëgd
Bemesterelementen brengen mest in een sleufje in de grond	7668	7796
Bemesterelementen geheven: brengen mest uit boven de grond	7501	7636
Bemesterelementen geheven: brengen geen mest uit, later wordt kunstmest gegeven	7925	7950
Behandelingen gemiddeld (lsd = 402)	7698	7794

In Tabel 3.2.8 zijn de naar het percentage bereiden oppervlak gecorrigeerde opbrengsten weergegeven. Voor de behandelingen 'Bemesterelementen brengen mest in een sleufje in de grond' en 'Bemesterelementen geheven: brengen mest uit boven de grond' was het percentage bereiden oppervlak 14% (werkbreedte 12 meter en breedte van wielsporen 2*85 cm). Voor de kunstmestveldjes zijn hier de opbrengsten buiten de sporen genomen, omdat het percentage bereiden oppervlak bij kunstmeststrooien in de praktijk erg klein is. Omdat het effect van eggen niet significant was zijn de opbrengsten voor eggen en niet-eggen gemiddeld beschouwd. De resultaten in Tabel 3.2.8 zijn te beschouwen als praktijkopbrengsten. De verschillen tussen de mestbehandelingen waren niet statistisch betrouwbaar.

Tabel 3.2.8. Opbrengsten per mestbehandeling (in kg ha⁻¹ bij 15% vocht) voor een perceel inclusief wielsporen.

Behandeling	Praktijkopbrengst (kg ha ⁻¹) (Isd = 284)	Praktijkopbrengst relatief
Bemesterelementen brengen mest in een sleufje in de grond	7659	99
Bemesterelementen geheven: brengen mest uit boven de grond	7612	98
Bemesterelementen geheven: brengen geen mest uit, later wordt kunstmest gegeven	7737	100

3.2.3 Samenvatting en conclusies

Bij deze proef werd de mesttoediening in het voorjaar gedaan met een trekker met zodenbemester met aanvoer van de mest via een sleepslang. De mest werd dus toegediend met een relatief bodemvriendelijke machine (40 kPa banddruk in normaal bedrijf en 90 kPa met geheven bemester) op zeer lichte en matig lichte zavelgrond, die in de onderlaag van de bouwvoor relatief nat was. Dit leidde ertoe dat in de sporen van de machine de bodem verdicht werd tot een niveau waarvan enige opbrengstderving in wintertarwe verwacht mocht worden. Uit de opbrengst-waarnemingen bleek echter dat er geen opbrengsteffect in het spoor was, vergeleken met de opbrengst van de tarwe naast de sporen.

Tussen het deel van het perceel met lichte grond en dat met zware grond werden geen verschillen in opbrengst aangetoond en ook geen interacties met de objecten. De proef is daarom verder geanalyseerd als een proef met 8 herhalingen.

Er zijn geen betrouwbare verschillen aangetoond tussen de objecten 'Bemesterelementen brengen mest in een sleufje in de grond', 'Bemesterelementen geheven: brengen mest uit boven de grond' en 'Bemesterelementen geheven: brengen geen mest uit, later wordt kunstmest gegeven' voor de opbrengstbepaling in en buiten het spoor van de mestmachine en tussen het wel en niet eggen. Ook zijn geen interacties tussen de objecten aangetoond. Door de tweede kunstmestgift te vervangen door een toepassing van drijfmest is dezelfde opbrengst gehaald als bij volledige bemesting met kunstmeststikstof.

De conclusie is dat onder de omstandigheden van de proef dierlijke mest in het voorjaar toegediend kon worden zonder een nadelig effect op de tarweopbrengst, vergeleken met volledige toediening van N via kunstmest.

3.3 Ulrum, 2007

3.3.1 Opzet en uitvoering

De proef in Ulrum (2007) werd uitgevoerd op een perceel met slempgevoelige, matig lichte zavelgrond. De algemene bodemkarakteristieken werden door BLGG te Oosterbeek bepaald aan de hand van random over het proefveld verzamelde grond (Tabel 3.3.1).

Tabel 3.3.1. Analysegegevens van de grond op het proefveld te Ulrum.

pH	Organische stof (%)	CaCO ₃ (%)	Lutum (% < 2 µm)	Silt (% 2 - 50 µm)	Afslibbaar (% < 16 µm)	Grondsoort
7,2	2,6	0,5	15,6	25,5	25,1	Matig lichte zavel

De wintertarwe op het proefveld is op 11 oktober 2006 gezaaid. Het uitgezaaide ras is Tataros en de voorvrucht was wintertarwe. De stikstofvoorraad in het voorjaar was 17 kg in de laag 0-60 cm. Op 16 maart 2007 is er 115 kg N/ha gestrooid als eerste N-gift.

Op 10 april 2007 is de bemestingsproef aangelegd. De mestgift tijdens de proef diende als tweede N-gift. In de objecten waar drijfmest is toegediend, is 15 ton varkensdrijfmest per ha gegeven. Bij het toedienen van de drijfmest was het circa 15 °C, er stond een matige wind, zon en bewolking wisselden elkaar af. De stikstofgehalten van de mest waren als volgt:

- Totaal-N: 7,2 kg N per ton,
- Ammonium-N: 5,15 kg N per ton.

Op proefstroken waar alleen kunstmest stikstof werd gegeven, is 60 kg N per ha als tweede N-gift gegeven. Hierbij is uitgegaan van een verwachte stikstofwerking van de drijfmest van 55%. Deze kunstmestgift is op 24 april gegeven. Omdat de stand en kleur van de wintertarwe wat tegen viel, is in mei op het hele perceel een derde N-gift gegeven van 40 kg N per ha.

De oorspronkelijke doelstelling van de proef was om een nieuwe, 16,5 m brede combinatie van trekker, sleepslang-aanvoer en sleufkouterbemester te testen en de effecten te vergelijken met de combinatie trekker-met mesttank en zodenbemester met een werkbreedte van 6,8 m (Figuur 3.3.1). Bij de nieuwe sleufkouterbemester zou de mest in dezelfde werkgang ondergewerkt worden door achter de bemesterbalk gemonteerde tanden.



Figuur 3.3.1. Trekker + mesttank + zodenbemester met bemester in de grond werkend (links), boven de grond werkend (midden) en gegeven zonder het geven van drijfmest (rechts).

Omdat de nieuwe machine niet op tijd gereed was werd de vergelijking uitgevoerd met de combinatie trekker + sleepslangaanvoer+ sleufkouterbemester met een werkbreedte van 15 m (Figuur 3.3.2). De gemonteerde sleufkouters konden de mest niet in gleufjes in de grond leggen. Om te zien wat er met achter de bemester gemonteerde tanden bereikt zou kunnen worden, werd in de proef een wiedege met een werkbreedte van 6 meter (Figuur 3.3.3) ingezet. Details van bandenmaten en machinegewichten van de trekkers en bemesters zijn weergegeven in Bijlage III.



Figuur 3.3.2 *Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester, werkend op de grond (links) en zonder drijfmest boven de grond (rechts).*



Figuur 3.3.3. *Trekker + wiedege.*

Om onderscheid te kunnen maken tussen de verschillende mogelijke schade-effecten werd de zodenbemester gebruikt zowel op een normale wijze (Figuur 3.3.1, mest in sleufjes in de grond), met de bemesterelementen boven de grond (Figuur 3.3.1, mest boven de grond toegediend) en met de bemesterelementen boven de grond zonder gift van drijfmest (Figuur 3.3.1). Omdat de combinatie trekker, sleepslangaanvoer en sleufkouterbemester niet in de grond kon werken werd de bemester alleen op de grond (Figuur 3.3.2, mest in stroken op de grond) en boven de grond (Figuur 3.3.2, sleufkouters geheven, geen toediening van drijfmest) gebruikt. Het beeld van de mest in of op de grond na toediening is weergegeven in Figuur 3.3.4.



Figuur 3.3.4. Het beeld van de mest op het land na de zodenbemester werkend in een sleufje in de grond (links), de zodenbemester werkend boven de grond (midden) en de sleufkouterbemester werkend op de grond (rechts).

Bij het uitrijden van de drijfmest zijn de wielsporen van de mestmachines gemarkeerd, ook op de kunstmestveldjes, en zijn vervolgens veldjes uitgezet voor opbrengstbepaling in en buiten het spoor van de mestmachines. Na toediening van de mest werd de helft van elk veldje gewiedegd om te proberen de mest met grond te bedekken. Ook de veldjes waarop geen mest maar kunstmest werd gegeven, werden voor de helft gewiedegd. Doordat de grond erg droog was, was de werking van de wiedeg minder dan normaal en minder dan gewenst. Bovendien was het resultaat erg variabel: van bijna geen bedekking (Figuur 3.3.5, links) tot een matige mestbedekking (Figuur 3.3.5, rechts). De werking van de wiedeg in de sporen was wat beter omdat de nokken van de banden de grond soms al wat losgemaakt hadden.



Figuur 3.3.5. De bedekking van de mest na het wiedeggen varieerde van bijna geen bedekking (links) tot een matige bedekking (rechts).

De objecten in de proef zijn samengevat in Tabel 3.3.2. Het wiedegeffect werd onderzocht door vergelijking per behandeling van alle veldjes die gewiedegd werden met de niet geëgde veldjes (gemiddelde van A en C met gemiddelde van B en D, enz.). Het spooreffect van de machines werd onderzocht door vergelijking per behandeling van de gemiddelde opbrengst van de objecten met en zonder rijspoor (gemiddelde van A en B met gemiddelde van van C en D, enz.). Doordat geen behandeling kon worden opgenomen met de sleufkouter werkend in de grond, werd het snijeffect alleen onderzocht voor de zodenbemester door vergelijking van de gemiddelde opbrengst van onbereiden objecten A en B met de gemiddelde opbrengst van de onbereiden objecten E en F.

De proef is uitgevoerd in vier herhalingen.

Tabel 3.3.2. De behandelingen in de proef.

Machine en wijze van mesttoediening	Sporen en egbewerking	Object
Trekker + mesttank + zodenbemester; bemesterelementen brengen mest in een sleufje in de grond	Buiten het spoor, niet geëgd	A
	Buiten het spoor, wel geëgd	B
	In het spoor, niet geëgd	C
	In het spoor, wel geëgd	D
Trekker + mesttank + zodenbemester; bemesterelementen geheven en brengen mest uit boven de grond	Buiten het spoor, niet geëgd	E
	Buiten het spoor, wel geëgd	F
	In het spoor, niet geëgd	G
	In het spoor, wel geëgd	H
Trekker + mesttank + zodenbemester; bemesterelementen geheven en brengen geen mest uit; later wordt kunstmest gegeven	Buiten het spoor, niet geëgd	I
	Buiten het spoor, wel geëgd	J
	In het spoor, niet geëgd	K
	In het spoor, wel geëgd	L
Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester; sleufkouters slepen over de grond en brengen mest uit boven de grond	Buiten het spoor, niet geëgd	M
	Buiten het spoor, wel geëgd	N
	In het spoor, niet geëgd	O
	In het spoor, wel geëgd	P
Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester; sleufkouters geheven en brengen geen mest uit; later wordt kunstmest gegeven	Buiten het spoor, niet geëgd	Q
	Buiten het spoor, wel geëgd	R
	In het spoor, niet geëgd	S
	In het spoor, wel geëgd	T

Bodemwaarnemingen

De bodemmonsters werden gestoken op de veldjes waarop geen mest uitgebracht werd (later wel kunstmest) en op het deel dat niet geëgd werd. De gedachte daarachter was dat de fysische eigenschappen van de grond op enige diepte niet beïnvloed worden door de bemesterelementen, de wiedeg of de over het land gesleepte slang, maar uitsluitend door de wielen van de trekker of de wielen van de combinatie trekker + mesttank.

Om te karakteriseren hoe droog of nat het was tijdens de mesttoediening, zijn tijdens de aanleg op 10 april 2007 op ieder blok (herhaling) 4 random steken met een guts genomen tot 50 cm diepte. De grondkolom van elke steek werd per 5 cm diepte doorgesneden, zodat monsters per 5 cm dieptelaag ontstonden. Voor elke dieptelaag werden de zo verkregen 16 monsters samengevoegd tot één mengmonster voor het hele perceel.

Op 10 en 11 april, direct na aanleg van de objecten, werd het proefveld bemonsterd. Met deze ringmonsters werd de porositeit van de grond en de luchtgevulde porositeit (het luchtgehalte) bij pF2 van de grond bepaald. Er werd bemonsterd op twee dieptes: 2,5 - 7,5 cm en 10 - 15 cm -mv. Per herhaling, per behandeling (Trekker + mesttank + zodenbemester - Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester x spoor - geen spoor) en diepte zijn 7 ringmonsters (100 cc) gestoken, random binnen de bemonsterde veldjes. In totaal zijn 224 monsters gestoken.

Ter bepaling van de indringweerstand van de grond werd op 10 april 2007 per behandeling (Trekker + mesttank + zodenbemester - Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester x spoor - geen spoor) en herhaling 8 keer de kracht bepaald die nodig is om een pen met conus de grond in te drukken. In totaal zijn 144 metingen gedaan.

Gewaswaarnemingen

De metingen aan het gewas omvatten de stand van het gewas op twee tijdstippen (via scores) en de gewas-opbrengst bij alle objecten, inclusief in en naast de sporen. Bij het uitrijden van de drijfmest zijn de wielsporen van de mestmachine gemarkeerd (ook op de kunstmestveldjes). Vervolgens zijn veldjes uitgezet voor opbrengstbepaling in en buiten het spoor van de mestmachine. Het totaal aantal veldjes waarvan de opbrengst is bepaald, komt uit op 80 veldjes: hoofdobjecten (5) * eggen (2) * sporen (2) * herhalingen (4). De proef is geogst op 7 augustus. De proefveldcombine had een werkbreedte van 150 cm. Per veldje is 15 m² geogst, waarna van de tarwe de opbrengst en het vochtgehalte bepaald werd. Per veldje zijn de opbrengsten teruggerekend naar een vochtgehalte van 15%. Uit de gemeten opbrengsten, over een breedte van 150 cm, zijn de zuivere opbrengsten in het spoor (105 cm breed voor de Trekker + mesttank + zodenbemester en 80 cm breed bij de Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester) berekend met de aanname dat de opbrengst in de meegemeten stroken naast de sporen gelijk is aan de opbrengst die buiten het spoor gemeten werd. Tenslotte werd met behulp van de breedte van de sporen en de totale werkbreedte van de machines ook berekend welk effect het berijden met de machine had op de totale opbrengst per hectare.

3.3.2 Resultaten

Bodem

De natheid van de grond (Δm) tijdens de mesttoediening is weergegeven in Tabel 3.3.3. Op het proefveld was de grond zeer droog en hard, vooral het bovenste laagje. Dit is goed te zien uit het verloop van Δm met de diepte. De bovenste 5 cm was zeer droog, de dieptelaag 5 - 10 cm was droog en daaronder was de grond nog enigszins vochtig tot droog.

Tabel 3.3.3. Natheid van de bodem tijdens het toedienen van de mest op 10 april 2007.

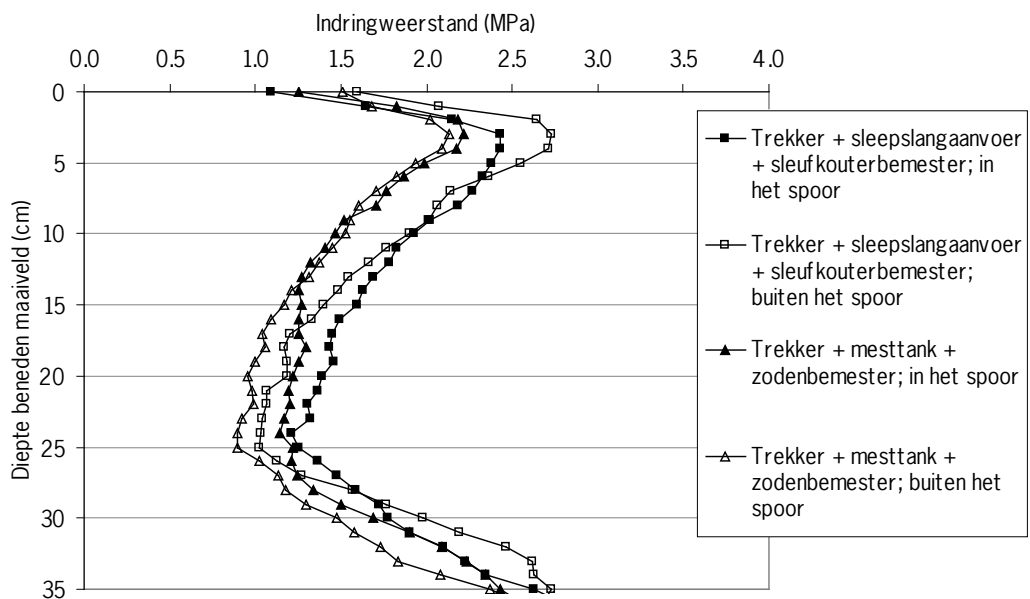
Diepte (cm -mv)	Vochtgehalte bij bewerken (% m/m; d.b.)	Vochtgehalte bij pF2 (% m/m; d.b.)	Vershil (Δm) (gew. %, d.b.)
2,5	16,5	26,90	-10,44
7,5	19,8	23,86	-4,02
12,5	22,8	24,55	-1,75
17,5	21,0	23,69	-2,68
22,5	22,9	26,15	-3,20
27,5	20,0	24,72	-4,74
32,5	19,0	23,59	-4,59
37,5	20,0	22,70	-2,72
42,5	20,6	22,27	-1,65
47,5	21,1	25,76	-4,66

De resultaten van de ringbemonstering zijn weergegeven in Tabel 3.3.4. Het luchtgehalte is in alle gevallen aan de lage kant, zodanig dat overal enige groeiremming door een te dichte bodem zou kunnen voorkomen. Ondanks de droge grond is het luchtgehalte in de sporen van de trekker + mesttank en zodenbemester toch significant lager geworden dan buiten de sporen, op beide dieptes. Op grond hiervan zou in een nat seizoen enig effect op de opbrengst van wintertarwe verwacht mogen worden ten opzichte van onbereden grond. Dit effect trad in mindere mate op in de sporen van de trekker + sleepslangaanvoer en sleufkouterbemester, en was daar niet significant.

Tabel 3.3.4. Poriënvolume en luchtgehalte bij pF2 van de tarwepercelen, buiten en in de sporen van de trekker + zodenbemester met sleepslangaanvoer op dieptelagen 2,5 - 7,5 en 10 - 15 cm -mv.

Behandeling	Object	Poriënvolume (% v/v)		Luchtgehalte (% v/v)	
		2,5 - 7,5 cm -mv	10 - 15 cm -mv	2,5 - 7,5 cm -mv	10 - 15 cm -mv
Trekker + mesttank + zodenbemester	Buiten het spoor	42,3	43,2	7,1	9,1
	In het spoor	40,6	40,0	5,8	5,5
Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester	Buiten het spoor	42,8	41,8	8,7	7,6
	In het spoor	41,6	40,9	7,5	6,9
	lsd (P<0,05)		1,1		1,3

De resultaten van de indringweerstandsmetingen zijn weergegeven in Figuur 3.3.6. De hoge waarden voor de indringweerstand bovenin het profiel (0 - 10 cm) zijn het gevolg van de zeer droge grond. De relatief lage waarden in het spoor van de trekker + mesttank in deze dieptelaag, vergeleken met de waarden juist buiten deze sporen, is mogelijk het gevolg van de losmakende werking van de nokken van de banden. Beneden de 10 cm is een trend waarneembaar dat de indringweerstand in de sporen van beide machines wel hoger geworden is dan naast de sporen. Dit komt overeen met de gevonden lagere luchtgehalten in de sporen in de laag 10 - 15 cm.



Figuur 3.3.6. Indringweerstand van de grond in en buiten de sporen van de combinaties.

Gewas

Het effect van het rijden over de tarwe met de bemesters is weergegeven in de figuren 3.3.7 en 3.3.8. De wintertarwe op de foto van Figuur 3.3.7 (trekker + mesttank + zodenbemester) is duidelijk platter gereden dan de tarwe op de foto van Figuur 3.3.8 (trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester). De hoge druk onder de banden van de mesttank doet zo op het oog meer schade aan het gewas dan de lagere druk van de banden van de trekker met sleepslangaanvoer.



Figuur 3.3.7. Spoor van de trekker + mesttank met zodenbemester.



Figuur 3.3.8. Spoor van de trekker met sleepslangaanvoer en sleufkouterbemester.

De stand van de wintertarwe werd op 14 mei en op 13 juni beoordeeld. Hierbij is gekeken naar verschillen in kleur, bladrijckdom en lengte. De gemiddelde scores voor de objecten zijn in Tabel 3.3.5 weergegeven. De verschillen in gemiddelde score voor de objecten mest in de grond, mest boven de grond en kunstmest waren erg klein en ook het eggen heeft weinig invloed gehad op de stand van het gewas. De veldjes met een spoor van de trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester hadden op 13 juni een gemiddelde stand van 6,3. Buiten het spoor was dit 7,6. De veldjes met een spoor van de trekker + mesttank + zodenbemester hadden op 13 juni een gemiddelde stand van 6,2. Buiten het spoor was dit 7,5. Deze lagere waardering van de stand is veroorzaakt doordat het gewas in de sporen wat korter en opener van structuur was (Figuren 3.3.7 en 3.3.8). De stand van het gewas was nauwelijks afhankelijk van het type bemester.

Tabel 3.3.5. Gemiddelde beoordeling van de wintertarwestand per object middels een rapportcijfer (9 is zeer goed, 1 is zeer slecht).

Behandeling		14 mei					13 juni				
		In het spoor	Buiten spoor	Geëgd	Niet geëgd	Gem.	In het spoor	Buiten spoor	Geëgd	Niet geëgd	Gem.
Trekker + mesttank + zodenbemester	In de grond	5,1	6,1	5,5	5,7	5,6	6,3	7,6	6,9	7,0	6,9
	Boven de grond	5,0	6,1	5,2	6,0	5,6	6,2	7,5	6,7	7,0	6,8
	Kunstmest	4,9	5,7	5,3	5,3	5,3	6,0	7,1	6,9	6,2	6,5
	Gemiddeld	5,0	6,0	5,3	5,6		6,2	7,4	6,8	6,7	
Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbem.	Boven de grond	5,5	6,4	6,0	5,9	5,9	6,4	7,8	7,2	7,0	7,1
	Kunstmest	5,2	6,0	5,7	5,6	5,6	6,2	7,7	7,1	6,9	7,0
	Gemiddeld	5,3	6,2	5,8	5,7		6,3	7,7	7,1	6,9	
Gemiddeld			5,5	5,7				6,9	6,8		

De proef is op 6 augustus geoogst bij een gemiddeld vochtgehalte van 20%. Alle objecten hadden hetzelfde vochtgehalte. Per veldje zijn de opbrengsten teruggerekend naar een vochtgehalte van 15%. In de tabellen 3.3.6 en 3.3.7 zijn de opbrengsten respectievelijk met en zonder eggen en in en buiten de sporen per behandeling weergegeven om de eg- en berijdingseffecten per behandeling te laten zien. Bij geen van de combinaties van machine en mestbehandeling was er een statistisch significant effect van eggen, snijden of berijden op de opbrengst. Ook het egeffect gemiddeld over alle behandelingen was niet statistisch significant.

Tabel 3.3.6. Gemiddelde gewasopbrengsten (in kg ha⁻¹ bij 15% vocht) per mestbehandeling, met en zonder eggen.

Machine	Mestbehandeling	Opbrengst (kg ha ⁻¹) (lsd = 548)		Opbrengst (kg ha ⁻¹) (lsd = 388)
		Geëgd	Niet geëgd	Gemiddeld
Trekker + mesttank + zodenbemester	In de grond	7359	7630	7495
	Boven de grond	7050	7391	7220
	Kunstmest	7158	7580	7369
Trekker + sleepslang-aanvoer + sleufkouterbemester	Boven de grond	7977	7536	7757
	Kunstmest	7959	7865	7912
Gemiddeld (lsd = 245)		7501	7601	

Tabel 3.3.7. Gemiddelde gewasopbrengsten (in kg ha⁻¹ bij 15% vocht) per mestbehandeling, in en buiten het spoor.

Machine	Mestbehandeling	Bodemdruk- indicatie (kPa) *)			Opbrengst (kg ha ⁻¹) lsd = 564	
		As 1	As 2	As 3	In het spoor	Buiten het spoor
Trekker + mesttank + zodenbemester	In de grond	< 40	140	40	7358	7631
	Boven de grond	< 40	120	70	7148	7292
	Kunstmest	< 40	120	70	7263	7475
Trekker + sleepslang-aanvoer + sleufkouterbemester	Boven de grond	< 40	< 40	-	7637	7877
	Kunstmest	< 40	< 40	-	7780	8044

*) Bodemdrukindicatie berekend op halfvolle tank.

Wat opvalt in Tabel 3.3.7 is dat de opbrengsten van de kunstmestveldjes buiten de sporen significant verschillen voor de zodenbemester en de sleufkouterbemester. Omdat de behandeling van deze veldjes hetzelfde geweest is (bemesters waren beiden geheven en gaven geen mest) is de conclusie getrokken dat er een systematisch verschil gezeten moet hebben tussen het opbrengstpotentieel van de veldjes waarop de zodenbemester toegepast is en die waarop de sleufkouterbemester heeft gewerkt. Eenzelfde redenering gaat op voor het effect van eggen op de opbrengst, dat voor de zodenbemester positief lijkt te zijn en voor de sleufkouterbemester negatief. Echter feitelijk zijn de behandelingen zodenbemester boven de grond en sleufkouterbemester boven de grond hetzelfde en ook de behandelingen zodenbemester kunstmest en sleufkouterbemester kunstmest. Het verschil in effect is daarom niet aan de machine toe te schrijven.

Naar aanleiding van deze constatering is vastgesteld dat uit de data beslist niet geconcludeerd kan worden dat het gebruik van de zodenbemester zou hebben geleid tot een lagere opbrengst dan het gebruik van een sleufkouter-

bemester. Voor de analyse van de effecten van mestbehandeling op de opbrengsten is de analyse daarom beperkt tot een analyse van de opbrengsten per perceel, gemiddeld voor eggen en niet eggen en inclusief de sporen naar rato van het oppervlak, apart voor elke machine (Tabellen 3.3.8 en 3.3.9). Bij mesttoediening met de trekker met mesttank en zodenbemester besloegen de sporen 31% van het oppervlak en bij de trekker met sleepslangaanvoer en sleufkoutermachine 11%. Voor de kunstmestveldjes werd gerekend met 0% sporen, omdat het percentage bereiden oppervlak bij kunstmeststrooien in de praktijk erg klein is. De verschillen in mestbehandeling waren voor geen van beide machines significant van invloed op de gewasopbrengst.

Tabel 3.3.8. Opbrengsten per mestbehandeling (in kg ha⁻¹ bij 15% vocht) voor een perceel inclusief wielsporen voor de trekker met mesttank en zodenbemester in Ulrum.

Behandeling	Opbrengst (kg ha ⁻¹) Isd = 574	Opbrengst relatief (%)
Trekker + mesttank + zodenbemester, in de grond werkend	7547	101
Trekker + mesttank + zodenbemester, boven de grond werkend	7248	97
Stikstof als kunstmest gegeven	7475	100

Tabel 3.3.9. Opbrengsten per mestbehandeling (in kg ha⁻¹ bij 15% vocht) voor een perceel inclusief wielsporen voor de trekker met sleepslangaanvoer en sleufkouterbemester in Ulrum.

Behandeling	Opbrengst (kg ha ⁻¹) Isd = 396	Opbrengst relatief
Trekker + sleepslangaanvoer + sleufkouterbemester, boven de grond werkend	7851	98
Stikstof als kunstmest gegeven	8044	100

3.3.3 Samenvatting en conclusies

Er is in 2007 op een praktijkperceel in Ulrum (Gr) een proef uitgevoerd om de invloed van voorjaarstoepassing van drijfmest in wintertarwe op bodemeigenschappen en gewasprestatie van tarwe te bepalen. De voorjaarstoepassing van mest werd uitgevoerd met twee systemen: een trekker met een mesttank en een 6,8 m brede zodenbemester en een trekker met sleepslangaanvoer en een 15 m brede sleufkouterbemester. De invloed van de machines op de grond en het gewas werd nagegaan door te meten in en buiten de sporen van de machines en door wel en niet te eggen (als methode om de mest in één werkgang onder te werken). De mestwerking werd nagegaan door vergelijking van toediening van mest in sleufjes in de grond (met en zonder eggen, alleen bij de zodenbemester), toediening boven de grond en toediening van alleen kunstmeststikstof. De gemiddelde opbrengst van het proefveld was 7600 kg ha⁻¹.

De bewerking met de wiedeg om de drijfmest beter in te werken had in deze proef geen statistisch betrouwbare invloed op de opbrengst.

De opbrengst in het spoor van de trekker met mesttank en zodenbemester was gemiddeld ca. 200 kg ha⁻¹ lager, maar dit verschil was niet statistisch betrouwbaar. Bij de sleepslangaanvoermachine was de opbrengst in het spoor van de mestmachine gemiddeld 250 kg ha⁻¹ lager dan de opbrengst gemeten buiten het spoor, maar ook dit verschil was niet betrouwbaar. Geconcludeerd wordt dat de insporing van de mestmachine in dit onderzoek geen betrouwbare invloed heeft gehad op de opbrengst.

Uit de resultaten bleek dat er bij vergelijking van de mestwerking van mest in sleufjes, mest bovengronds en kunstmest een significant verschil was in opbrengst tussen de veldjes waarop de zodenbemester en de veldjes waarop de sleufkouterbemester had gereden. Dit verschil kon echter onmogelijk aan de machine worden toegeschreven. De effecten van mestbehandeling op de gewasopbrengst is daarom apart per machine geanalyseerd. Zowel bij de trekker met mesttank en zodenbemester als bij de trekker met sleepslangaanvoer en sleufkouterbemester was de wijze waarop mest werd toegediend niet betrouwbaar van invloed op de gewasopbrengst. Het bleek mogelijk om dezelfde opbrengst te behalen als bij volledige bemesting met kunstmeststikstof door de tweede kunstmestgift te vervangen door een toepassing van drijfmest. De stikstofwerking van de drijfmest kwam goed overeen met de vooraf aangehouden werking van 55%.

3.4 Lelystad, 2008

3.4.1 Opzet en uitvoering

De proef in Lelystad (2008) is op 10 april 2008 uitgevoerd op een matig lichte zavel. De algemene bodemkarakteristieken werden bepaald door BLGG te Oosterbeek aan de hand van een mengmonster van random over het proefveld verzamelde grond (Tabel 3.4.1). De wintertarwe (ras Bristol) op het proefveld is op 20 november 2007 ingezaaid (voorvrucht aardappelen). De stikstofvoorraad in het voorjaar van 2008 was 42 kg N in de laag 0-90 cm. Op 16 februari 2008 is er 75 kg N/ha gestrooid als eerste N-gift. De drijfmestgift tijdens de proef diende als tweede N-gift. Bij het toedienen van de drijfmest was het circa 12 °C, er was een matige wind en een vrijwel onbewolkte lucht met veel zon.

Tabel 3.4.1. Analysegegevens van de grond.

pH	Organische stof (%)	CaCO ₃ (%)	Lutum (% < 2 µm)	Silt (% 2 - 50 µm)	Afslibbaar (% < 16 µm)	Textuurindeling
7,5	3,7	6,2	17,1	29,1	31,5	Matig lichte zavel

In de proef werd een zogenoemde wiedegbemester toegepast, waarbij de mest in een relatief bodemvriendelijke tankwagen (banddruk 60 kPa) werd meegenomen, de mest via boven de grond hangende slangen werd toegediend en in dezelfde werkgang werd ondergewerkt d.m.v. een wiedeg. (Figuur 3.4.1). De werkbreedte van de machine was 12 meter en de totale breedte van de sporen van de tank was 3,40 meter (4 wielen naast elkaar; tussen de middelste banden van de mesttank was een strook onbereden van 20 cm). De trekker had voor en achter een spoorbreedte van 200 cm en 90 cm brede achterbanden. De voorbanden zijn smaller dan de achterbanden.



Figuur 3.4.1. Wiedegbemester van loonbedrijf Capelle uit Nagele.

De doelstelling van de proef was om na te gaan of er effecten zijn op de bodem en het gewas door de op de machine gebouwde wiedeg en het berijden met de relatief zeer bodemvriendelijke banduitrusting. De bandspanning van de trekker was 65 kPa (0,65 bar) en van de tank 60 kPa (0,6 bar) waarbij door de tank een breedte van 3,4 meter bereden wordt. Ook is nagegaan of het onderwerken van de mest met de wiedeg bij de relatief lage

bandspanningen invloed heeft op de gewasopbrengst. Details van bandenmaat en gewichten van de gebruikte bemestingsapparatuur zijn weergegeven in Bijlage IV.

De behandelingen zijn samengevat in Tabel 3.4.2. De effecten van wiedeggen en sporen werden onderzocht op zowel veldjes waarop drijfmest werd uitgereden als op veldjes waarop alleen kunstmest werd gestrooid. De reden daarvan was om de mogelijkheid te hebben een indicatie te krijgen van mogelijke drijfmest effecten die verstrengeld zijn met de wijze van toediening (bijv. verbranding van het gewas of verschil in mestbenutting door emissieverschil) of met spoor- en wiedegeffecten. Het wiedegeffect werd onderzocht door vergelijking van de veldjes die gewiedegd werden met de niet geëgde veldjes per behandeling: objecten A en C werden vergeleken met objecten B en D, respectievelijk objecten E en G werden vergeleken met objecten F en H. Het spooreffect van de machine werd onderzocht door vergelijking van de gemiddelde opbrengst van de objecten A en B met die van C en D, respectievelijk E en F met die van G en H. De proef is uitgevoerd in 4 herhalingen

Tabel 3.4.2. De behandelingen in de proef.

Mestbehandeling	Sporen en egbewerking	Object
Drijfmest (bemesterelementen brengen drijfmest uit)	Buiten het spoor, niet geëgd	A
	Buiten het spoor, wel geëgd	B
	In het spoor, niet geëgd	C
	In het spoor, wel geëgd	D
Kunstmest (bemesterelementen brengen geen drijfmest uit; drijfmest werd vervangen door kunstmest)	Buiten het spoor, niet geëgd	E
	Buiten het spoor, wel geëgd	F
	In het spoor, niet geëgd	G
	In het spoor, wel geëgd	H

Op de drijfmestobjecten is 31 ton varkensdrijfmest per ha gegeven. Het gehalte ammoniumstikstof van de mest bedroeg 5,1 kg N per ton. Er is uitgegaan van een verwachte stikstofwerking van de drijfmest van 55%. Op proefstroken waar geen varkensdrijfmest is gegeven maar alleen kunstmest stikstof, is 90 kg N per ha als tweede N-gift gegeven. Deze kunstmestgift is op 11 april gegeven. Op 30 mei zijn metingen uitgevoerd met een chlorofylmeter. Op basis van deze metingen is op 9 juni op het hele perceel een derde N-gift gegeven van 60 kg N per ha.

Bodemwaarnemingen

De bodemmonsters werden gestoken op 10 en 11 april 2008, op alle herhalingen, op de veldjes waarop geen drijfmest uitgebracht werd op het deel dat wel geëgd werd. De gedachte daarachter was dat de fysische eigenschappen van de grond op enige diepte niet beïnvloed worden door de wiedeg, maar uitsluitend door de wielen van de trekker of de wielen van de combinatie trekker + mesttank.

Om te karakteriseren hoe droog of nat het was tijdens de mesttoediening, zijn tijdens de aanleg op ieder blok (herhaling) 10 random steken met een guts genomen tot 50 cm diepte.

Op 10 en 11 april, direct na aanleg van de objecten, werd het proefveld bemonsterd. Met deze ringmonsters werd de porositeit van de grond en de luchtgevulde porositeit (het luchtgehalte) bij pF2 van de grond bepaald. Er werd bemonsterd in de sporen en buiten de sporen op twee dieptes: 2,5 - 7,5 cm en 10 - 15 cm -mv. Per herhaling, object en diepte zijn 8 ringmonsters (100 cc) gestoken, random binnen de bemonsterde veldjes, totaal 128 monsters.

Ter bepaling van de indringweerstand van de grond werd per herhaling en object 10 keer de kracht bepaald die nodig is om een pen met conus de grond in te drukken. In totaal zijn 80 metingen gedaan.

Gewaswaarnemingen

De metingen aan het gewas omvatten de stand van het gewas op twee tijdstippen, een meting met een chlorofylmeter en de gewasopbrengst bij alle objecten. Bij het uitrijden van de drijfmest zijn de wielsporen van de mestmachine gemarkeerd (ook op de kunstmestveldjes). Vervolgens zijn veldjes uitgezet voor opbrengstbepaling in en buiten het spoor van de mestmachine.

3.4.2 Resultaten

Bodem

Tijdens de aanleg van de proef was de grond tamelijk nat, wat blijkt uit het verloop van Δm : van ca. -3 in de toplaag, oplopend tot 0 op 25 cm diepte en zeer nat in de ondergrond (Tabel 3.4.3).

Tabel 3.4.3. Natheid van de grond tijdens de mesttoediening.

Diepte (cm -mv)	Vochtgehalte bij bewerken (% m/m; d.b.)	Vochtgehalte bij pF2 (% m/m; d.b.)	Natheid (Δm) gew. %, d.b.
2,5	20,3	23,60	-3,28
7,5	22,2	25,36	-3,19
12,5	24,0	25,69	-1,70
17,5	24,4	26,27	-1,83
22,5	24,6	24,97	-0,33
27,5	26,4	22,96	3,45
32,5	24,8	21,30	3,54
37,5	29,7	23,34	6,39
42,5	35,1	26,65	8,42
47,5	33,4	25,30	8,05

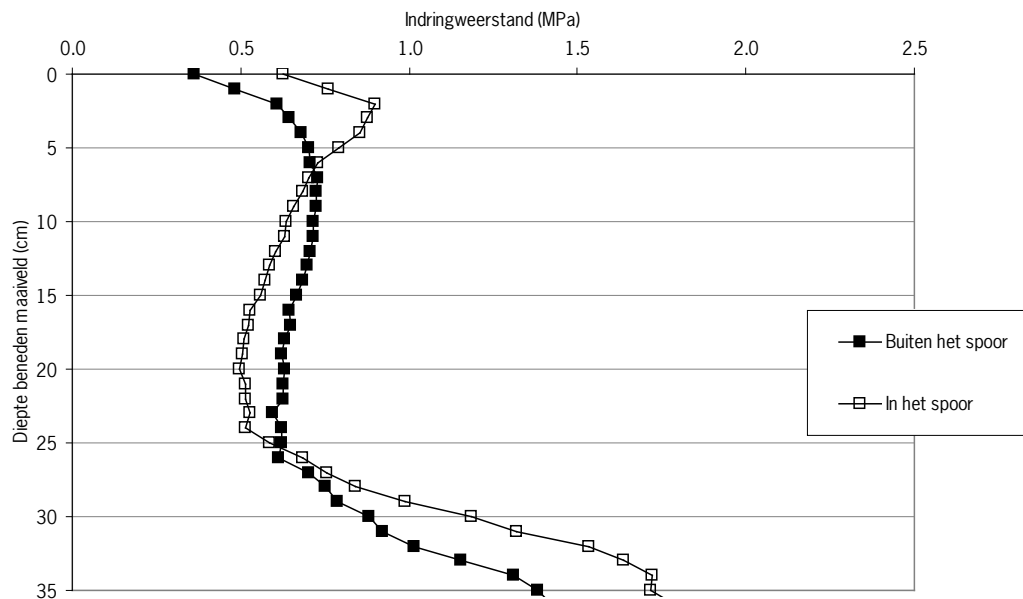
De resultaten van de ringbemonstering zijn weergegeven in Tabel 3.4.4. De waarden voor het luchtgehalte bij pF2 waren in alle gevallen lager dan verwacht. Terwijl de waarden voor diepte 2,5 - 7,5 cm -mv nog reëel zijn, zijn ze voor diepte 10 - 15 cm -mv onwaarschijnlijk laag. De meest waarschijnlijke oorzaak is dat de grond op die diepte feitelijk te nat was om te bemonsteren. Er treedt dan vervorming van de grond op, waardoor bij natte kleigrond het vochtgehalte bij pF2 toeneemt en daardoor het luchtgehalte bij pF2 in het laboratorium lager is dan in het veld. Dat dit effect optreedt is ook te zien aan de natheidsmeting (Tabel 3.4.3) waarbij het voor de samenstelling van de grond karakteristieke vochtgehalte bij pF2 in de bouwvoor toeneemt met de diepte, terwijl dit feitelijk gelijk zou moeten blijven.

Onder de natte werkomstandigheden zijn het poriënvolume en het luchtgehalte van de grond door de wielen van de trekker en mesttank significant afgenomen (Tabel 3.4.4). Ook als aangenomen wordt dat de gemeten luchtgehalten op 10 - 15 cm diepte 1 tot 2% punten te laag zijn, is het luchtgehalte in de sporen van de bemester op beide dieptes zo laag, dat men zelfs in wintertarwe remming van de groei zou mogen verwachten. Buiten de trekkersporen is het luchtgehalte hoog genoeg in de toplaag (2,5 - 7,5) en mag daar als niet beperkend voor de groei van wintertarwe beschouwd worden. Onderin de bouwvoor is het luchtgehalte laag en kan potentieel enige groeiremming veroorzaken. Het lage luchtgehalte onder in de bouwvoor, buiten de sporen, moet worden toegeschreven aan de eerder genoemde bemonstering onder natte omstandigheden en aan de berijding/bewerking bij de inzaai van de wintertarwe.

Tabel 3.4.4. Porositeit en luchtgevulde porositeit bij veldcapaciteit (pF2) in de bouwvoor na mesttoediening op dieptelagen 2,5 - 7,5 en 10 - 15 cm -mv.

Behandeling	Poriënvolume (% v/v) (I _{sd} = 0,9)		Luchtgehalte (% v/v) bij veldcapaciteit (pF2), (I _{sd} = 1,2)	
	2,5 - 7,5 cm -mv	10 - 15 cm -mv	2,5 - 7,5 cm -mv	10 - 15 cm -mv
In het spoor	40,2	39,4	4,7	1,7
Buiten het spoor	42,9	40,2	8,6	3,0

De gemeten indringweerstand in de bovenste 35 cm van de bodem is weergegeven in Figuur 3.4.2. Waarneembaar is dat in de toplaag de grond wat dichter (harder) geworden is, doordat de wielen van de bemester eroverheen gereden zijn. Onderin de bouwvoor was het erg nat en waarschijnlijk is de grond onder de wielen (evenals bij het bemonsteren) nat vervormd (gekneed). Natte vervorming van kleigrond heeft op de indringweerstand de uitwerking dat deze lager wordt, omdat de grond door het kneden zachter wordt. Dit kan verklaren waarom onderin de bouwvoor de indringweerstand wat lager was in de sporen dan buiten de sporen. De toename van de indringweerstand vanaf ca. 25 cm diepte, ondanks toenemende natheid, wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de combinatie van ploegzoolvorming en het feit dat vanaf die diepte een fijnzandige laag begint. In zo'n laag is de weerstand gewoonlijk hoger dan in de bovenliggende kleilaag.



Figuur 3.4.2. De indringweerstand van de grond direct na de mesttoediening (zonder mest).

Gewas

De metingen aan het gewas omvatten de visuele ontwikkeling van het gewas, een meting met een chlorofylmeter en de gewasopbrengst zowel in en naast de sporen als wel en niet gewiedegd.

De visuele waarneming van het gewas heeft plaatsgevonden op 13 en 30 mei 2008. Bij deze waarnemingen is alleen gekeken naar spoor en geen spoor. Op 13 mei zijn geen verschillen waargenomen. Op 30 mei zijn wel verschillen

waargenomen tussen spoor en geen spoor. Maar deze verschillen waren alleen zichtbaar in de sporen waar zowel de trekkervoorband, de trekkerachterband en de band van de bemester zijn geweest. De verschillen waren zeer minimaal. De verschillen bestonden uit een iets korter gewas en een iets dunnere stand. In het spoor waar alleen de binnenste banden van de bemester hebben gelopen zijn geen verschillen waargenomen met het object 'Buiten het spoor'.

Op 30 mei zijn ook chlorofylwaarnemingen gedaan op ca. 1/3 vanaf de onderkant van het vlaggeblad. Bij deze metingen zijn geen betrouwbare verschillen gevonden tussen 'In het spoor' en 'Buiten het spoor'.

Op 5 augustus zijn de proefvelden geoogst. Omdat alle wielen van de Capelle bemester naast elkaar 3,40 meter breed zijn werd deze breedte volledig als spoor gerekend. De proefveldoogster werkte daardoor volledig in het spoor en gaf zonder correctie voor spoorbreedte de zuivere opbrengst in het spoor. De resultaten van de zuivere opbrengsten in het spoor en buiten het spoor bij wel en niet eggen zijn weergegeven in Tabel 3.4.5 voor drijfmest en voor vervanging van drijfmest door kunstmest. Zowel de effecten van wiedegeen en sporen op de gewasopbrengst waren niet significant. Door het heffen van de wiedegeen ook op de kunstmestveldjes was de aslast op de tankas 3000 kg hoger dan wanneer de wiedegeen op de grond rustte (zie ook bijlage IV). Het effect hiervan werd ook niet teruggevonden in de opbrengsten in het spoor.

Gemiddeld over de spoor- en wiedegeenbehandelingen was het effect van mestsoort significant ($P < 0,05$; $Isd = 0,6 \text{ ton ha}^{-1}$); de gemiddelde opbrengst bij dierlijke mest was $10,6 \text{ ton ha}^{-1}$, ongeveer 5% lager dan bij kunstmest ($11,3 \text{ ton ha}^{-1}$).

Bij een werkbreedte van de bemester van 12 meter en een spoorbreedte van 3,40 m wordt 28,3% van het veld met sporen bedekt. Hiermee rekening houdend werden voor de behandelingen de opbrengsten per perceel (praktijk) berekend uit de opbrengsten in het spoor en buiten het spoor. Om de effecten van 'berijden' en 'berijden + onderwerken met de wiedegeen' op perceelsniveau te illustreren zijn deze weergegeven in Tabel 3.4.6, absoluut en relatief ten opzichte van de referentiebehandeling 'onbereiden en niet geëgd'.

Tabel 3.4.5. Invloed van eggen en berijding op de opbrengst van wintertarwe (vochtgehalte 15%).

Behandeling	Opbrengst (ton ha ⁻¹ *)	
	Buiten het spoor	In het spoor
Drijfmest, wel geëgd	10,52	10,46
Drijfmest, niet geëgd	10,64	11,08
Kunstmest, wel geëgd	11,45	11,27
Kunstmest, niet geëgd	11,05	11,12

*) $Isd = 1,66$ voor analyse van alle combinaties als afzonderlijke behandeling.

Tabel 3.4.6. Invloed van mesttoedieningstechniek inclusief berijdingseffecten op de opbrengst van winter tarwe (vochtgehalte 15%) bij de toediening van drijfmest en bij vervanging van drijfmest door kunstmest.

Behandeling	Extra behandeling ten opzichte van referentie	Opbrengst (ton ha ⁻¹)	Opbrengst relatief
Drijfmest, buiten het spoor, niet geëgd (referentie)		10,64	100
Wiedegbemester, niet geëgd	+ berijding	10,76	101
Wiedegbemester, wel geëgd	+ berijding + onderwerken	10,51	99
Kunstmest, buiten het spoor, niet geëgd (referentie)		11,05	100
Kunstmest, niet geëgd	+ berijding	11,07	100
Kunstmest, wel geëgd	+ berijding + onderwerken	11,40	103

3.4.3 Samenvatting en conclusies

In Lelystad is een proef uitgevoerd met een trekker en een bemester waaronder een bodemvriendelijke wielconfiguratie was gemonteerd. De banden van de trekker stonden op 65 kPa en de banden van de bemester op 60 kPa. Onder de bemester waren 4 banden op een as gemonteerd, waardoor een aaneengesloten spoor van 3,4 meter werd bereiden. De mest werd bovengronds breedwerpig toegediend en direct achter de bemester ingewerkt met een 12 meter brede wiedeg.

De proef met de wiedegbemester werd uitgevoerd onder tamelijk natte omstandigheden. Vooral onderin de bouwvoor was de grond nog erg nat. Buiten de sporen was het luchtgehalte van de grond bij veldcapaciteit (pF2) relatief laag, vooral onderin de bouwvoor. Bij deze luchtgehalten zouden zelfs bij winter tarwe reducties in opbrengst kunnen optreden. In de sporen was de grond significant dichter met zeer lage luchtgehalten, waarbij opbrengsteffecten kunnen optreden.

Ondanks de slechte bodemomstandigheden bij aanleg waren de opbrengsten hoog en werd geen effect van de verdichting en versmering in de wielsporen van de bemester teruggevonden. Het wiedeggen na de mesttoediening had geen effect op de opbrengst, zowel bij de dierlijke mest als bij de kunstmest. Gemiddeld over de behandelingen was het effect van mestsoort significant met een ca. 5% lagere opbrengst voor dierlijke mest vergeleken met kunstmest.

3.5 Lepelstraat, 2008

3.5.1 Opzet en uitvoering

De proef in Lepelstraat (2008) is op 18 april 2008 uitgevoerd. De grondsoort op het betreffende perceel was zeelei, ingedeeld als zware zavel op grond van de textuur. De algemene bodemkarakteristieken werden bepaald door BLGG te Oosterbeek aan de hand van een mengmonster per object van random over het proefveld verzamelde grond (Tabel 3.5.1).

Tabel 3.5.1. Analysegegevens van de grond.

pH	Organische Stof (%)	CaCO ₃ (%)	Lutum (% < 2 µm)	Silt (% 2 - 50 µm)	Afslibbaar (% < 16 µm)	Textuurindeling
7,4	3,8	2,4	20,6	33,9	33,8	Zware zavel

De doelstellingen van de proef waren om na te gaan welke effecten het in een sleufje of boven de grond toedienen van de mest heeft op de opbrengst en wat de invloed van de wielsporen is op bodem en het gewas. Voor de proef werd een combinatie van trekker + sleepslangaanvoer met 12 m brede zodenbemester (Figuur 3.5.1) gebruikt. Aslastgegevens en bodemdrukindicaties van de machine, zoals gebruikt in de proef, zijn samengevat in Tabel 3.5.2. Meer details van de gebruikte apparatuur zijn weergegeven in Bijlage V.



Figuur 3.5.1. De trekker + sleepslangaanvoer met zodenbemester die gebruikt is voor aanleg van de proef.

Tabel 3.5.2. *Aslasten en bodemdrukindicaties van de in de proef in Lepelstraat gebruikte mesttoedienings-apparatuur (Trekker + sleepslangaanvoer + zodenbemester inclusief slanghaspel).*

As	Bandmaat	Band-breedte (cm)	Bemester in de hef		Bemester op de grond	
			Aslast (kg)	Indicatie bodemdruk (kPa *)	Aslast (kg)	Indicatie bodemdruk (kPa *)
Trekker voor	710/55R30	68	1950	40	4210	40
Trekker achter	900/50R42	85	11750	110	4330	40

*) *Bodemdrukindicatie: de banddruk die volgens de fabrikant nodig is om de gegeven aslast te dragen bij 10 km/h.*

De behandelingen in de proef waren de wijze van mestgift en er werd gemeten buiten de wielsporen en in de wielsporen (Tabel 3.5.3). Bij de kunstmestobjecten is geen mest toegediend en is de bemester, tijdens het rijden over het veldje, geheven. Het spooreffect van de machines werd onderzocht door vergelijking van de opbrengst van object A met B, respectievelijk C met D en E met F. Het effect van snijden werd onderzocht door vergelijking van de opbrengsten van de objecten A en C. De proef is uitgevoerd in 4 herhalingen.

Tabel 3.5.3. *De behandelingen in de proef.*

Behandeling	Sporen	Object
Bemesterelementen brengen mest in een sleufje in de grond	Buiten het spoor	A
	In het spoor	B
Bemesterelementen geheven: brengen mest uit boven de grond	Buiten het spoor	C
	In het spoor	D
Bemesterelementen geheven: brengen geen mest uit, later wordt kunstmest gegeven	Buiten het spoor	E
	In het spoor	F

Bodemwaarnemingen

Om te karakteriseren hoe droog of nat het was tijdens de mesttoediening, zijn tijdens de aanleg op ieder blok (herhaling) 10 random steken met een guts genomen tot 50 cm diepte.

De bodemwaarnemingen werden gedaan op de veldjes waarop geen drijfmest uitgebracht werd, in en buiten de sporen, op alle herhalingen. Op 24 april, een week na aanleg van de objecten, werden ringmonsters gestoken. Met de ringmonsters werd de porositeit van de grond en de luchtgevulde porositeit (het luchtgehalte) bij pF2 van de grond bepaald. Er werd bemonsterd in de sporen en buiten de sporen op twee dieptes: 2,5 - 7,5 cm en 10 - 15 cm -mv. Per herhaling, object en diepte zijn 8 ringmonsters (100 cc) gestoken, random binnen de bemonsterde veldjes, totaal 128 monsters.

Ter bepaling van de indringweerstand van de grond werd op de dag van aanleg (18 april 2008) per herhaling en object 10 keer de kracht bepaald die nodig is om een pen met conus de grond in te drukken. In totaal zijn 80 metingen gedaan.

Gewaswaarnemingen

De metingen aan het gewas omvatten de stand van het gewas op 30 mei 2008 en de gewasopbrengst bij alle objecten. Bij het uitrijden van de drijfmest zijn de wielsporen van de mestmachine gemarkeerd (ook op de kunstmestveldjes). Vervolgens zijn veldjes uitgezet voor opbrengstbepaling in en buiten het spoor van de mestmachine.

3.5.2 Resultaten

Bodem

Tijdens de aanleg van de proef was de grond droog, wat blijkt uit het verloop van Δm : van ca. -7 aan het oppervlak, -5 in de bouwvoor en rond de 0 op 30 cm en dieper (Tabel 3.5.4).

Tabel 3.5.4. Natheid van de grond tijdens de mesttoediening.

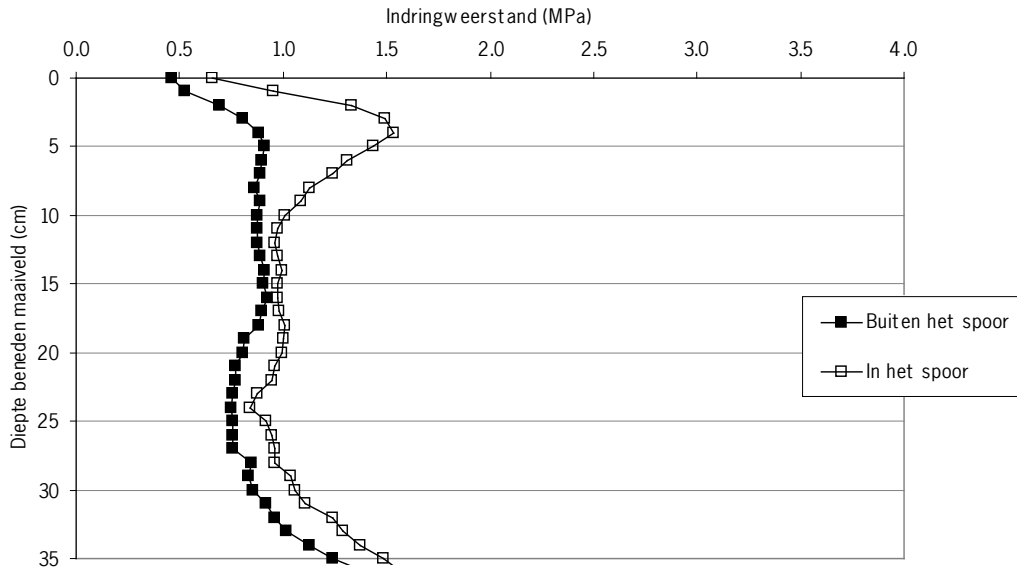
Diepte (cm cm -mv)	Vochtgehalte bij bewerken (% m/m; d.b.)	Vochtgehalte bij pF2 (% m/m; d.b.)	Natheid (Δm) (gew. %, d.b.)
2,5	17,5	24,61	-7,10
7,5	20,6	24,78	-4,20
12,5	20,5	26,20	-5,74
17,5	21,8	28,26	-6,48
22,5	22,1	27,15	-5,01
27,5	23,6	26,86	-3,28
32,5	24,4	24,87	-0,47
37,5	22,2	21,98	0,19
42,5	21,9	21,23	0,68
47,5	21,8	20,82	0,95

De resultaten van de ringbemonstering zijn weergegeven in Tabel 3.5.5. De grond is door de wielen van de trekker met zodenbemester significant dichter geworden. Het luchtgehalte in de sporen van de zodenbemester was op beide dieptes zo laag is dat men zelfs in wintertarwe remming van de groei zou mogen verwachten. Buiten de trekker-sporen is het luchtgehalte hoog genoeg in de toplaag en mag daar als niet beperkend voor de groei beschouwd worden. Onderin de bouwvoor is het luchtgehalte laag en kan enige groeiremming veroorzaakt hebben. Het lage luchtgehalte onder in de bouwvoor, buiten de sporen, moet worden toegeschreven aan de berijding/bewerking bij de inzaai van de wintertarwe.

Tabel 3.5.5. Porositeit en luchtgevulde porositeit bij veldcapaciteit (pF2) op twee dieptes in de bouwvoor na mesttoediening.

Behandeling	Poriënvolume (lsd = 2,1)		Luchtgehalte bij veldcapaciteit (pF2), (lsd = 2,6)	
	2,5 - 7,5 cm -mv	10 - 15 cm -mv	2,5 - 7,5 cm -mv	10 - 15 cm -mv
In het spoor	41,0	37,7	7,1	2,6
Buiten het spoor	45,0	40,0	13,1	5,5

De gemeten indringweerstand in de bovenste 35 cm van de bodem is weergegeven in Figuur 3.5.2. Waarneembaar is dat de indringweerstand in de sporen hoger is in de bovenste 10 cm van het profiel. Daaronder is het verschil klein.



Figuur 3.5.2. De indringweerstand van de grond direct na de mesttoediening (zonder mest).

Gewas

De stand van de wintertarwe werd op 30 mei beoordeeld. Hierbij is gekeken naar verschillen in stand en regelmatigheid van het gewas en of de mestsporen nog in het gewas zichtbaar waren. De gemiddelde scores voor de objecten zijn in Tabel 3.5.6 weergegeven. Op grond van de scores is te zien dat de kunstmestveldjes wat achterblijven bij de veldjes met dierlijke mest. De sporen waren alleen op de kunstmestveldjes op alle herhalingen nog duidelijk zichtbaar.

Tabel 3.5.6. Gemiddelde beoordeling van de wintertarwestand per object middels een rapportcijfer (9 is zeer goed, 1 is zeer slecht)

Behandeling	Score
Mest in een sleufje in de grond	7,0
Mest boven de grond	7,1
Kunstmest	6,1

Bij de opbrengstbepaling in het spoor werd een 2 meter breed veldje geoogst waarin een spoor van 90 cm breedte lag. Met behulp van de opbrengst gegevens buiten het spoor van het naastliggende veldje werd de gemeten opbrengst gecorrigeerd tot een zuivere opbrengst in het spoor. De resultaten van de analyse van de zuivere opbrengsten in het spoor en buiten het spoor zijn weergegeven in Tabel 3.5.7. In de sporen op de kunstmestveldjes en op de veldjes met bovengrondse mesttoediening was de tarweopbrengst significant lager dan op de niet bereiden

veldjes. Op de veldjes waar de mest in sleufjes in de grond gebracht is was er geen opbrengsteffect gemeten tussen in het spoor en buiten het spoor. Tussen de gemiddelde opbrengst voor de mestbehandelingen werd geen significant verschil waargenomen.

Bij een werkbreedte van 12 meter en een spoorbreedte van $2 \times 0,90$ m wordt 15% van het veld met sporen bedekt. Hiermee rekening houdend werd voor de behandeling 'Mest in een sleufje in de grond' de voor de praktijk relevante opbrengsten per perceel berekend uit de opbrengsten in het spoor en buiten het spoor en vergeleken met de referentie 'Mest boven de grond, buiten het spoor' (Tabel 3.5.8). Het gecombineerde effect van berijden plus sleufjes maken was op perceelsniveau niet significant.

Tabel 3.5.7. Invloed van mesttoedieningstechniek en berijding op de opbrengst van wintertarwe (vochtgehalte 15%).

Behandeling	Opbrengst (kg ha ⁻¹)		Opbrengst (kg ha ⁻¹)
	lsd = 584		lsd = 412
	Buiten het spoor	In het spoor	Gemiddeld
Kunstmest	9066 b	8114 a	8590
Boven de grond	9011 b	8284 a	8646
In sleufje in de grond	8814 b	8969 b	8891

Tabel 3.5.8. Invloed van aspecten van mesttoedieningstechniek op de praktijkopbrengst van wintertarwe (vochtgehalte 15%).

Behandeling	Effect ten opzichte van referentie	Opbrengst (kg ha ⁻¹)	Opbrengst relatief
Boven de grond, buiten het spoor		9011	100
Boven de grond	Berijden (werktuig geheven)	8889	99
Mest in sleufjes in de grond	Berijden (normaal) + sleufje maken	8837	98

3.5.3 Samenvatting en conclusies

Uit de bodemwaarnemingen, gedaan op de kunstmestveldjes, blijkt dat de bodem significant verdicht werd door de wielen van de trekker met geheven bemester, d.w.z. bij een hoog gewicht op de trekkerachteras.

In de opbrengst werd de door de berijding veroorzaakte verdichting teruggevonden doordat deze significant lager was op de kunstmestveldjes en de veldjes met bovengrondse toediening. Op de veldjes waarop de mest in de grond gebracht werd door de zodenbemester was geen opbrengstverschil waar te nemen. Doordat op deze veldjes de bemester op de grond liep is de grond in de wielsporen waarschijnlijk veel minder verdicht dan bij de kunstmestveldjes en bovengronds toegediende veldjes.

Aannemende dat het gevonden opbrengstverschil tussen de verschillende wijze van mesttoediening in de sporen werd veroorzaakt door verschil in bodemverdichting, zoals hierboven aangegeven, was de wijze van mesttoediening niet van invloed op de opbrengst van wintertarwe.

Doordat maar 15% van het veld met de bemester werd bereiden waren de effecten in de sporen op perceelsniveau relatief klein.

3.6 Slootdorp, 2008

3.6.1 Opzet en uitvoering

De proef in wintertarwe in Slootdorp (2008) werd uitgevoerd als extra meting binnen een proef gericht op de ammoniakemissie van verschillende methoden van mesttoediening in wintertarwe. Deze proef lag op proefbedrijf de Oostwaardhoeve in vier herhalingen (velden 1 t/m 4). De grondsoort op het betreffende perceel was zeeklei; velden 1 en 2 hadden een lutumgehalte van 22% (ca. 28% afslibbaar, zware zavel) en velden 3 en 4 een lutumgehalte van 15% (ca. 20% afslibbaar, matig lichte zavel).

De wintertarwe op het proefveld is op 31 oktober 2007 gezaaid. Het uitgezaaide ras was Tataros. De drijfmest die is toegediend tijdens de ammoniakemissieproef diende als 2^{de} N gift (gift 19,4 ton ha⁻¹, 4,68 kg N/ton). Er zijn geen kunstmestproefveldjes aangelegd.

De doelstelling van de proef was om na te gaan welk effect wielsporen van mestapparatuur in een tarweveld in het voorjaar hebben op de bodem en de opbrengst van wintertarwe. Voor de proef werd een zelfrijder met een 12,5 m³ tank en een 7,2 m brede zodenbemester gebruikt (Figuur 3.6.1). De bemester was uitgerust met 850/50 R 30.5 banden (voor en achter). De bandspanning was 100kPa in alle 4 de wielen. Details van bandenmaat en gewichten van de gebruikte bemestingsapparatuur zijn weergegeven in Bijlage VI.



Figuur 3.6.1. De zelfrijdende bemester die is gebruikt voor het aanleggen van de proeven op proefbedrijf Oostwaardhoeve.

Per veld werd 1 proefstrook in onbereden grond uitgezet en 1 proefstrook waarin een wielspoor van 86 cm breedte lag. Binnen deze stroken is met een ongeveer halfvolle machine gereden met de bemester geheven, d.w.z. met een aslast voor van 8480 kg en achter 12670 kg. Op de stroken werd geen dierlijke mest toegediend.

Bodemwaarnemingen

Op 14 april werden ringmonsters gestoken, 4 dagen na de mesttoediening voor de emissieproef. De monsters werden genomen in en buiten de sporen, op 2,5 - 7,5 cm en 10 - 15 cm diepte ter bepaling van het poriënvolume en de luchtgevulde porositeit bij veldcapaciteit. Per veldje, behandeling en diepte zijn 8 ringmonsters van 100 cc gestoken, in totaal 128 monsters. De natheid van het profiel tijdens het rijden van de sporen werd niet gemeten.

Op 14 april werden eveneens penetrometerwaarnemingen gedaan op de vier velden, op elk veld 10 prikken in het spoor en 10 prikken buiten het spoor. Wegens een achteraf defect gebleken logger zijn de data echter niet betrouwbaar en zijn daarom niet verwerkt.

Gewaswaarnemingen

Op 6 augustus werd de tarwe over 16 meter van de proefstoken geoogst met een 1,5 m breed werkende proefveldcombine. Bij de opbrengstbepaling in het spoor werd een 1,5 meter breed veldje geoogst waarin een spoor van 86 cm breedte lag. Met behulp van de opbrengst gegevens buiten het spoor van het naastliggende, onbereden veldje werd de gemeten opbrengst gecorrigeerd tot een zuivere opbrengst in het spoor.

3.6.2 Resultaten

Bodem

Tijdens de grondbemonstering op het veld werd waargenomen dat op de velden met zwaardere grond (1 en 2) de grond onder de sporen blauwkleuring vertoonde, wat aangeeft dat er reducerende omstandigheden heersen. Op het niet-bereden land was dit niet het geval. Op onbereden land was de bovenkant van de bouwvoor zeer los onder een dun, verslemp laagje. Op enige diepte (vanaf 10 cm) was de grond nog zeer nat, wat bleek uit het grote gemak waarmee de penetrometer de grond in gebracht kon worden, zowel buiten de sporen als in de sporen. Uit de ringbemonsteringsresultaten, 4 dagen na berijden, blijkt dat de natheid van de grond toen -3,6 (droog) was voor de dieptelaag 2,5 - 7,5 cm en - 0,4 (nat) voor de dieptelaag 10 - 15 cm.

De resultaten van de ringbemonstering zijn weergegeven in Tabel 3.6.1. De grond is door de wielen van de trekker met zodenbemester significant dichter geworden. Het luchtgehalte in de sporen van de zodenbemester was alleen op diepte 10 - 15 zo laag dat in wintertarwe eventueel enig effect op de groei te verwachten is. Buiten de trekker-sporen is het luchtgehalte uitstekend en mag daar als niet beperkend voor de groei beschouwd worden.

Tabel 3.6.1. Porositeit en luchtgevulde porositeit bij veldcapaciteit (pF2) op twee dieptes in de bouwvoor na mesttoediening.

Object	Poriënvolume (I _{sd} = 0,9)		Luchtgehalte bij veldcapaciteit (pF2), (I _{sd} = 2,0)	
	2,5 - 7,5 cm -mv	10 - 15 cm -mv	2,5 - 7,5 cm -mv	10 - 15 cm -mv
In het spoor	46,5	43,9	12,9	6,5
Buiten het spoor	51,5	46,8	21,0	13,4

Gewas

De resultaten van de analyse van de zuivere opbrengsten in het spoor en buiten het spoor zijn weergegeven in Tabel 3.6.2. Het opbrengstverschil buiten het spoor en in het spoor bleek statistisch significant. Bij een werkbreedte van 7,2 m en een spoorbreedte van 2*0,86 m wordt 24% van het veld met sporen bedekt. Omgerekend naar perceelsniveau was het berijdingseffect een opbrengstverlaging van 2% (Tabel 3.6.3).

Tabel 3.6.2. Invloed van berijding op de opbrengst van wintertarwe (vochtgehalte 15%).

Behandeling	Opbrengst (kg ha ⁻¹ *)	
	Buiten het spoor	In het spoor
Zelfrijdende zodenbemester	11400	10450

*) $Isd = 486$.

Tabel 3.6.3. Invloed van berijding op de perceelsopbrengst van wintertarwe (vochtgehalte 15%).

Behandeling	Opbrengst	
	Perceel zonder sporen	Perceel met sporen
Zelfrijdende zodenbemester	11400 kg ha ⁻¹	11170 kg ha ⁻¹
Idem, opbrengst relatief	100	98

3.6.3 Samenvatting en conclusies

Uit de bodemwaarnemingen blijkt dat de bodem significant verdicht werd door de wielen van de zelfrijdende bemester. Op basis van de bodemwaarnemingen viel de mate van verdichting mee, hoewel tijdens de bemonstering in de sporen op de velden 1 en 2 (zwaarste grond) wel blauwkleuring van de grond werd waargenomen. In de opbrengst werd de verdichting teruggevonden doordat deze in de sporen significant lager was (8%) dan op onbereden grond. Omgerekend naar perceelsniveau was het effect van de berijding met de bemester een opbrengstverlaging van 2%.

3.7 Lelystad, 2009

3.7.1 Opzet en uitvoering

In de proef in Lelystad (2009) is het effect onderzocht van het snijden van de tarwe door de kouters van een mestmachine in verschillende groeistadia van het gewas. Op het proefveld is geen dierlijke mest uitgereden; er is alleen bemest met kunstmest. Omdat alleen onderzoek is uitgevoerd naar het snijeffect zijn er geen bodemkundige waarnemingen uitgevoerd. Het onderzoek is uitgevoerd op één perceel waar twee zaaitijden van de tarwe naast elkaar lagen. De wintertarwe was van het ras Tataros en was gezaaid op 23 september 2008 en 30 oktober 2008. De twee zaaitijden waren aangelegd om in het voorjaar op de tijdstippen dat de behandelingen zijn uitgevoerd, twee verschillende groeistadia van het gewas te hebben. De proef is uitgevoerd in 3 herhalingen.

Voor het simuleren van het uitrijden is gebruik gemaakt van de bemester gekoppeld aan een trekker (Figuur 3.7.1). Om enig effect van de bemestertank uit te sluiten is de zodenbemester direct in de driepunshenrichting van een trekker gehangen. De bemester had een werkbreedte van 6 meter. Het simuleren van de mesttoediening heeft plaatsgevonden op 18 maart, 2 april, 15 april en 29 april. Op het proefveld is steeds een vergelijk gemaakt tussen de kouters van de machine door de grond te trekken of de kouters boven de grond te houden. Tijdens elke proef zijn sleufjes in de grond gemaakt van 2,5 cm breed en 4 tot 5 cm diep bij een rijsnelheid van 6,5 km/h. Om spoor-effecten van de gebruikte trekker uit te sluiten is de opbrengstbepaling steeds uitgevoerd buiten het spoor van de trekker. De bemesting op het proefveld is uitgevoerd volgens de praktijk die gebruikelijk is voor het proefbedrijf.



Figuur 3.7.1. De machine van PPO-ASG waarmee het snijeffect in diverse groeistadia in wintertarwe is onderzocht. Inzet is een detailopname van een bemesterelement.

3.7.2 Resultaten

Gewasontwikkeling

In Figuur 3.7.2 wordt een voorbeeld gegeven van het uitvoeren van een proef in het gewas en een detailopname van een sleuf die door de bemester in de grond is gemaakt. In Tabel 3.7.1 zijn de gewasstadias weergegeven waarbij de snijproeven zijn uitgevoerd. Uit het gewasstadium weergegeven in centimeters blijkt dat, op elk moment dat een proef werd uitgevoerd, er een verschil is in de lengte van het gewas. Bij het stadium weergegeven volgens de

Feekes schaal is te zien dat in de loop van het groeiseizoen de verschillende gewasstadia tussen de zaaitijdstippen naar elkaar toe groeien. Op 29 april is er vrijwel geen verschil meer tussen zaaitijdstip 1 en 2. Op 24 juli zijn de behandelingen en zaaitijdstippen van het gewas beoordeeld op legering van het gewas. In het gewas van zaaitijdstip 1 is een zeer lichte legering van het gewas beoordeeld. In het gewas van tijdstip 2 is geen legering geconstateerd. Tussen de behandelingen 'Kouters door de grond' en 'Kouters boven de grond' zat zowel in het gewas van zaaitijdstip 1 als van zaaitijdstip 2 geen verschil.



Figuur 3.7.2. Het uitvoeren van een snijproef; rechts een detailopname van de door de bemester gemaakte sleuf.

Tabel 3.7.1. Gewasstadia (in cm en volgens Feekes) van de 2 zaaitijdstippen op de 4 tijdstippen dat de snijproeven zijn uitgevoerd.

Datum snijproef	Gewasstadium (cm)		Gewasstadium (volgens Feekes)	
	23 september	30 oktober	23 september	30 oktober
18 maart	10	5	4	2
2 april	15	10	4 á 5	3
15 april	35	15	7	5
29 april	55	35	7 á 8	7

Gewasopbrengst

Omdat alleen het snijeffect is onderzocht zijn bij de oogst de rijsporen niet meege oogst. In Tabel 3.7.2 zijn de resultaten van de oogst op 4 en 5 augustus weergegeven. Op het proefveld varieerde de opbrengst door snijden van 450 kg (3,7%) aan meeropbrengst op de behandeling snijden op 2 april in het gewas gezaaid op 30 oktober tot 620 kg (4,9%) aan schade in de behandeling snijden op 29 april in het gewas gezaaid op 23 september. Dit is in het gewasstadium Feekes 3 respectievelijk Feekes 7 á 8. Opgemerkt moet worden dat alleen het verschil in opbrengst

tussen bemester boven de grond en bemester in de grond van de behandeling snijden op 29 april in gewas gezaaid op 23 september, significant verschillend was.

Tabel 3.7.2. Opbrengst (t/ha) van de 2 zaaitijdstippen en van de objecten 'Bemester boven de grond' en 'Bemester in de grond' uitgezet tegen de datums waarop deze proeven zijn uitgevoerd (I_{sd} ≈ 600 kg ha⁻¹).

Datum snijproef	Zaaidatum			
	23 september		30 oktober	
	Bemester boven de grond	Bemester in de grond	Bemester boven de grond	Bemester in de grond
18 maart	12,2	12,5	12,2	12,1
2 april	12,3	12,3	12,3	12,7
15 april	12,7	12,3	12,5	12,2
29 april	12,7	12,1	12,3	12,2

3.7.3 Samenvatting en conclusies

Uit de opbrengstwarnemingen blijkt dat alleen in de snijbehandeling op 29 april in het gewas dat op 23 september is gezaaid (Feekes 7 á 8), door de kouters van de mestmachine een betrouwbare snij schade in de wintertarwe wordt veroorzaakt. Het verlies is dan 600 kg/ha (5%). Op alle andere tijdstippen en zaaitijdstippen werd geen significant opbrengsteffect gemeten.

3.8 Slootdorp, 2009

3.8.1 Opzet en uitvoering

De proef in Slootdorp (2009) is uitgevoerd op proefbedrijf Oostwaardhoeve (Noord-Holland). De grondsoort op het betreffende perceel is zware zavel. De algemene bodemkarakteristieken zijn weergegeven in Tabel 3.8.1.

Tabel 3.8.1. Analysegegevens van de grond.

pH	Organische Stof (%)	CaCO ₃ (%)	Lutum (% < 2 µm)	Silt (% 2 - 50 µm)	Afslibbaar (% < 16 µm)	Textuurindeling
7,5	1,8	10,9	19	-	29	Zware zavel

De doelstellingen van de proef waren om na te gaan of het snijden van zodenbemesterelementen in de grond en het rijden over de grond met de mesttoedieningsapparatuur schade toebrengt aan de bodem en het gewas en of dit tot opbrengstderving leidt bij verschillende groeistadia van de tarwe. In de proef is gefocussed op:

1. Vergelijking van de effecten van enkelspoor (2 wielen door hetzelfde spoor) en hondegang (1 wiel door het spoor) met onbereden grond, zowel met kunstmest als met dierlijke mest;
2. Vergelijken van sleuven snijden (zodenbemester in de grond) met geen sleuven snijden (zodenbemester boven de grond), zowel met kunstmest als met dierlijke mest en
3. Onderzoeken van de invloed van het gewasstadium tijdens de toediening (drie tijdstippen van toediening) op de schade door snijden en berijden.

De proef is aangelegd met een zelfrijdende zodenbemester met een 17 m³ tank (Figuur 3.8.1 en Bijlage VII). Op het eerste toedientijdstip is een zodenbemester gebruikt met een werkbreedte van 9,4 meter en tijdens het tweede en derde tijdstip van toedienen is een zodenbemester gebruikt met een werkbreedte van 8,7 m.



Figuur 3.8.1. De zelfrijdende zodenbemester (in hondegang situatie) die is gebruikt voor aanleg van de proef.

Met de bemester werden bij elke herhaling eerst de kunstmestveldjes aangelegd. Op deze veldjes werd de bemester met ongeveer driekwart volle tank gebruikt, echter zonder dat drijfmest werd gegeven. Net als bij de drijfmestveldjes werd ook bij de kunstmestveldjes de machine gebruikt met de bemester in werkstand (snijden) en geheven (niet snijden) en met de machine op enkelspoor en in hondegang. Na het berijden van de kunstmestveldjes werden de drijfmestveldjes aangelegd waarbij de tankinhoud geleidelijk afnam. In Tabel 3.8.2 zijn de gemiddelde aslastgegevens tijdens de proefuitvoering en de bijbehorende bodemdrukindicaties weergegeven.

Tabel 3.8.2. *Aslasten (gemiddelde van de drie tijdstippen en 4 herhalingen per tijdstip) en bodemdrukindicaties tijdens aanleg van de proef.*

As	Bemester geheven			Bemester op de grond		
	Aslast (kg)	Gewichtsverdeling (%)	Indicatie bodemdruk (kPa) *)	Aslast (kg)	Gewichtsverdeling (%)	Indicatie bodemdruk (kPa) *)
Vooras	14600	45,8	110	16160	56,4	130
Achteras	17167	53,8	140	12480	43,6	100

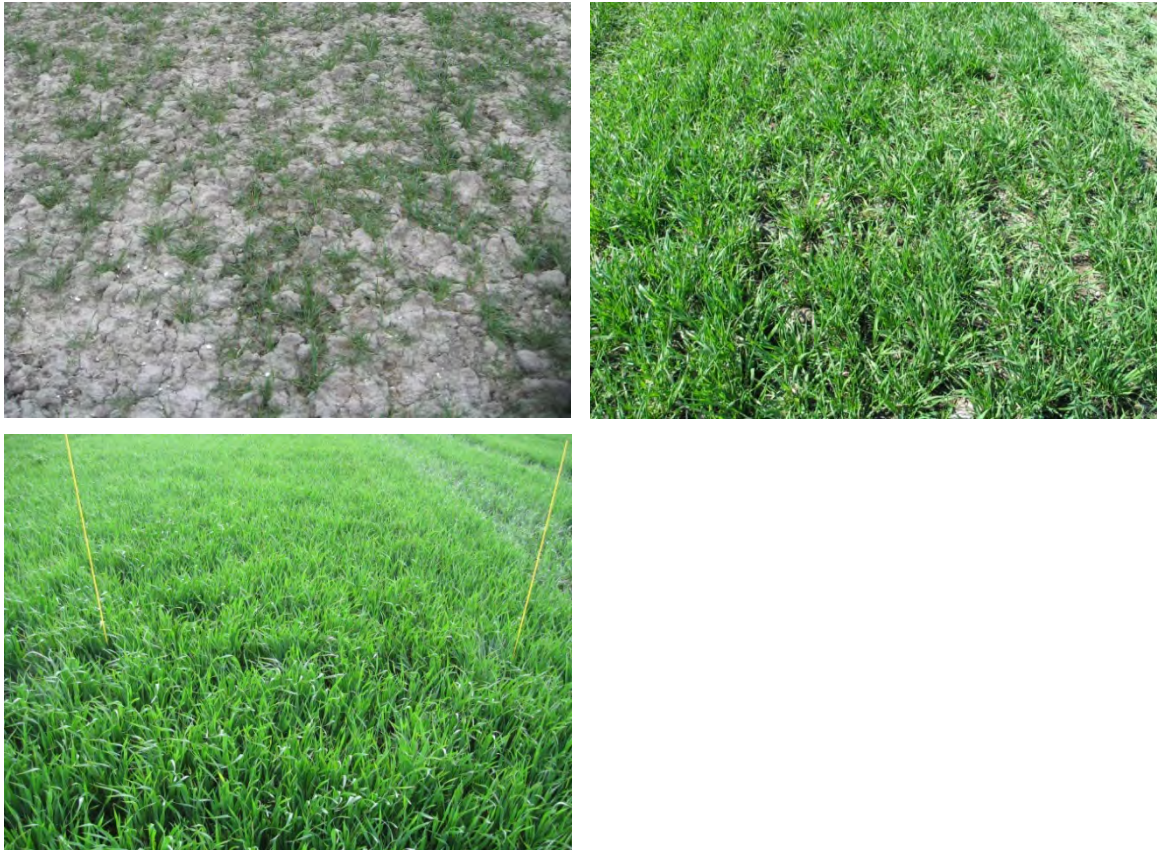
*) Bodemdrukindicatie: de banddruk die volgens de fabrikant nodig is om de gegeven aslast te dragen bij 10 km/h.

De wintertarwe van het ras Anthus was op 14-10-2008 gezaaid. In het voorjaar van 2009 is bemonsterd op de stikstofvoorraad; deze voorraad bedroeg 34 kg in de laag 0 - 100 cm. Op basis hiervan is op 21 maart 2009 op alle veldjes een eerste kunstmestgift gegeven. Daarna zijn, als tweede mestgift, de verschillende kunstmest- en drijfmestobjecten aangelegd. Hierbij werden per toedientijdstip tijdens het rijden met de bemester de drijfmest (varkensmest) op de drijfmestveldjes gegeven en een aantal dagen daarna de kunstmest op de kunstmestveldjes. De kunstmestgift was gebaseerd op de gerealiseerde N gift met de drijfmest op het betreffende toedientijdstip. In Tabel 3.8.3 zijn per tijdstip weergegeven de drijfmestgift, de N-gehalten van de drijfmest en de N-gift die als kunstmest op de kunstmestveldjes is gegeven. Omdat in de periode na het derde tijdstip van aanleg van de proef het gewas er goed bijstond is op geen van de veldjes meer een derde stikstofgift gegeven.

Tabel 3.8.3. *Mestgiften op de drie tijdstippen van aanleg van de proef.*

Datum van proefaanleg	Drijfmestgift (m ³ ha ⁻¹)	Gehalten (N kg per ton)		Aangenomen N-werking (%)	Stikstofgift op de kunstmestveldjes (N kg ha ⁻¹)
		Ammonium-N	Totaal-N		
04-04-2009	25	4,37	6,70	55	85
21-04-2009	27,5	4,11	5,91	55	85
08-05-2009	26	4,47	6,85	55	100

De proef is uitgevoerd in 3 groeistadia van de tarwe, respectievelijk op 4 april (Zadoks groeistadium 29; hoofdstengel en 9 of meer zijstengels; Feekes 3,5), op 21 april (Zadoks groeistadium 31; 1^e knoop voelbaar; Feekes 6) en op 8 mei (Zadoks groeistadium 32-33; 2^e en/of 3^e knoop voelbaar; Feekes 7). De verschillende groeistadia van het gewas zijn weergegeven in Figuur 3.8.2.



Figuur 3.8.2. Groeistadia van het gewas tijdens aanleg van de proef op tijdstip 1 (linksboven), tijdstip 2 (rechtsboven) en tijdstip 3 (linksonder). Weergegeven zijn de objecten waar geen mest is toegediend.

Op elk tijdstip werd het experiment identiek uitgevoerd in 4 herhalingen. In Tabel 3.8.4 zijn de mest-, snij- en spoorobjecten die aangelegd werden samengevat. Het snijeffect werd onderzocht door vergelijking van de objecten B en E en de objecten G en J. De spooreffecten enkelspoor en hondegangspoor werden onderzocht met de bemester op de grond door vergelijking van de objecten A, B en C voor varkensdrijfmest en F, G en H voor kunstmest. Daarnaast werd het enkelspooreffect ook nog onderzocht met de bemester geheven door vergelijking van de objecten D en E voor varkensdrijfmest en I en J voor kunstmest.

Tabel 3.8.4. Samenvatting van de behandelingen die in elk gewasstadium uitgevoerd werden.

Mestobjecten	Snijobjecten	Spoorobjecten	Object
VDM*)	Snijden (bemester op de grond)	In enkelspoor	A
		Buiten het spoor	B
		In hondegangspoor	C
	Niet snijden (bemester geheven)	In enkelspoor	D
		Buiten het spoor	E
Kunstmest	Snijden (bemester op de grond)	In enkelspoor	F
		Buiten het spoor	G
		In hondegangspoor	H
	Niet snijden (bemester geheven)	In enkelspoor	I
		Buiten het spoor	J

**) Varkensdrijfmest.*

Bodemwaarnemingen

De bodemwaarnemingen werden uitgevoerd op de velden met alleen kunstmest. Per tijdstip en herhaling werd op drie plekken gemeten: buiten de sporen, in het enkelspoor en in het hondegangspoor. De uitgevoerde bodemwaarnemingen waren de natheid van de grond tijdens mesttoediening, de grond-water- luchtverhouding in de grond (porositeiten) en de indringweerstand.

Op elk toedientijdstip werd de natheid van het bodemprofiel (0 - 50 cm diepte) gemeten direct na de mesttoediening. Hiertoe zijn per herhaling 10 random steken met een guts genomen tot 50 cm diepte.

Na de mesttoediening (zonder mest) is in en buiten het spoor naar de bodemstructuur gekeken door meting van de porositeit van de grond en de luchtgevulde porositeit bij veldcapaciteit (pF2) op de dieptes 2,5 - 7,5 cm en 10 - 15 cm -mv. Ter bepaling van deze porositeiten werd het proefveld direct na aanleg van de objecten bemonsterd. Per herhaling, object en diepte zijn 8 ringmonsters (100 cc) gestoken, random binnen de objecten, in totaal 192 monsters per tijdstip. Op tijdstip 3 was de grond erg droog en het steken van de ringen lukte maar moeizaam. Daardoor kon direct na aanleg maar de helft van het proefveld bemonsterd worden. Omdat het daarna alleen maar droger geworden is, is het niet meer gelukt om tijdig de 2^e helft van het proefveld te bemonsteren.

De indringweerstand van laag 0 - 35 cm diepte is gemeten om het verdichtende effect van de banden van de mestapparatuur in de bouwvoor aan te tonen.

Gewaswaarnemingen

Per veld werden direct na aanleg de opbrengststroken uitgezet, zowel met een wielspoor er in als zonder een wielspoor. De lengte van de opbrengstveldjes was minimaal 15 meter, maar werd uiteindelijk bepaald door het uitmaaien van de voor- en de achterkant van de stroken vlak voordat de oogst van de proefstroken plaatsvond. De breedte van de geoogste stroken was 1,5 m, de werkbreedte van de gebruikte proefveldmaaidorser. De opbrengsten van de stroken werden teruggerekend naar kg/ha bij een vochtgehalte van 15%. Bij de opbrengststroken in het hondegangspoor kon 1,5 m breedte volledig in het spoor worden geoogst. De opbrengst in de enkelspoorstroken werd gecorrigeerd omdat de sporen maar 1 m breed waren en de geoogste strook 1,5 m. De zuivere opbrengsten in het enkelspoor werden berekend met de aanname dat over een breedte van 0,5 m van de geoogste strook de opbrengst gelijk was aan de naastliggende onbereiden stroken.

3.8.2 Resultaten

Bodem

Op tijdstip 1 was de grond nog vrijwel onbedekt cq. onbegroeid (Figuur 3.8.2) en was alleen het toplaagje droog. Vanaf 5 cm diepte was de grond nog nat (Tabel 3.8.5). Op tijdstip 2 was de grond tot 15 cm -mv droog en daaronder nog relatief nat. Op tijdstip 3 was er een dicht gewas van ca 25 cm hoog (Figuur 3.8.2). De grond was over de hele bemonsterde diepte droog genoeg voor berijden en bewerken.

Tabel 3.8.5. *Natheid van de grond tijdens de mesttoediening op tijdstip 1 (T1, 4 april), tijdstip 2 (T2, 21 april) en tijdstip 3 (T3, 8 mei).*

Diepte (cm -mv)	Vochtgehalte bij bewerken (% m/m; d.b.)			Vochtgehalte bij pF2 (% m/m; d.b.)			Natheid (Δm) (gew. %, d.b.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
2,5	18,67	12,95	14,48	23,92	23,24	23,92	-5,25	-10,28	-9,44
7,5	23,74	16,99	15,23	25,36	22,47	24,57	-1,62	-5,48	-9,34
12,5	25,75	18,74	16,05	24,20	22,25	24,69	1,56	-3,51	-8,64
17,5	25,53	21,32	17,83	25,41	22,33	24,94	0,12	-1,01	-7,10
22,5	26,18	21,46	18,70	25,59	23,10	24,97	0,59	-1,64	-6,27
27,5	26,65	22,59	19,86	25,92	22,35	24,44	0,73	0,24	-4,59
32,5	32,41	26,01	24,51	33,51	25,60	28,98	-1,10	0,41	-4,47
37,5	39,91	33,62	37,14	33,68	37,53	45,20	6,22	-3,91	-8,07
42,5	50,05	45,82	37,38	47,75	48,52	44,55	2,30	-2,70	-7,17
47,5	52,44	47,15	41,54	51,19	50,95	46,44	1,25	-3,80	-4,90

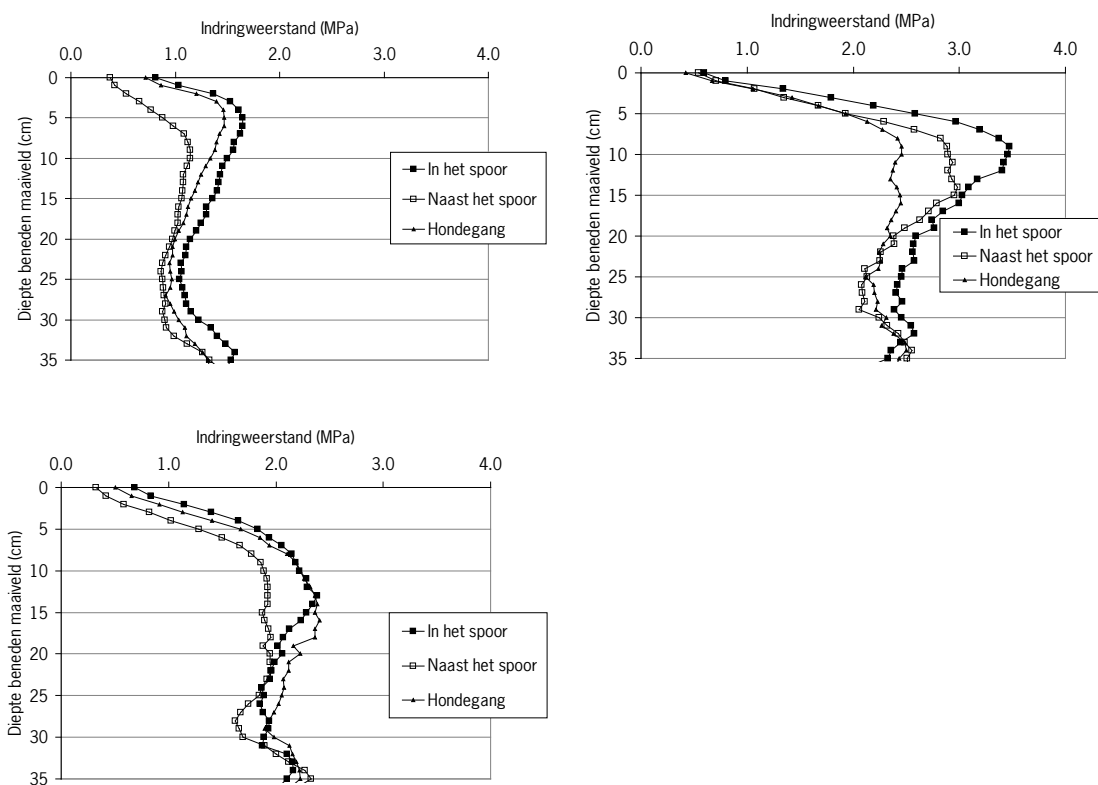
De resultaten van de ringbemonstering op de tijdstippen 1, 2 en 3 zijn weergegeven in Tabel 3.8.6. Door het toedienen van mest op natte grond op tijdstip 1 is de grond in de sporen op beide dieptes significant ($P < 0,05$) dichter geworden. Vooral in de laag 10 - 15 cm diepte is de grond zodanig dicht (luchtgehalte $< 10\%$) dat onder ongunstige omstandigheden een effect op de opbrengst verwacht mag worden. Op tijdstip 2 was de grond droger dan op tijdstip 1 en was het gewas groter. Op dit tijdstip is alleen een significante toename van de dichtheid in de sporen in de dieptelaag 2,5 - 7,5 cm waarneembaar, maar het luchtgehalte blijft zodanig dat opbrengsteffecten niet verwacht worden. Op tijdstip 3, bij de droogste grond, was alleen het effect van het enkelspoor significant in de laag 2,5 - 7,5 cm, vergeleken met buiten het spoor. Evenals voor tijdstip 2 wordt geen opbrengstderving door bodemverdichting verwacht.

Tabel 3.8.6. *Porositeit en luchtgevulde porositeit bij veldcapaciteit (pF2) op twee dieptes in de bouwvoor voor de spoorobjecten aangelegd op de drie tijdstippen.*

Tijdstip	Object	Poriënvolume (%)		Luchtgehalte (%) bij veldcapaciteit (pF2)	
		2,5 - 7,5 cm -mv	10 - 15 cm -mv	2,5 - 7,5 cm -mv	10 - 15 cm -mv
1	Buiten het spoor	46,1	44,0	16,9	12,7
	Enkel spoor	41,7	41,5	9,4	8,4
	Hondegang	44,8	43,4	10,4	7,8
	Isd		1,2		1,6
2	Buiten het spoor	47,2	43,5	18,5	12,7
	Enkel spoor	45,9	43,6	13,8	12,0
	Hondegang	47,8	46,2	15,9	12,7
	Isd		1,8		2,0
3	Buiten het spoor	46,6	44,9	17,9	16,2
	Enkel spoor	43,0	44,6	11,9	13,4
	Hondegang	47,0	46,2	14,2	13,5
	Isd		2,0		3,1

De gemeten indringweerstand in de bovenste 35 cm van de bodem zijn voor alle drie de tijdstippen weergegeven in Figuur 3.8.3. In de grafieken is de relatief lage indringweerstand te zien in natte grond (tijdstip 1), vergeleken met de andere tijdstippen. Om het effect van sporen te beoordelen wordt naar de verschillen tussen onbereden en sporen gekeken. Omdat op elk tijdstip direct na toediening gemeten is mag verondersteld worden dat het vochtgehalte in en buiten de sporen gelijk is.

Op tijdstip 1 was de grond in de sporen (ook in het spoor van de hondegang) tot 15 - 20 cm -mv enigszins verdicht. Op tijdstip 2 is er tot een diepte van 15 cm -mv in het enkelspoor een duidelijke verhoging van de indringweerstand t.o.v. buiten het spoor. De curve gegeven voor de behandeling 'hondegang' laat lagere indringweerstand zien dan voor onbereden. Dit verschil is niet te verklaren. Mogelijk was de grond in het hondegangspoor bij toeval voor het berijden al poreuzer dan op de plekken waar gemonsterd is in onbereden grond en heeft het berijden in hondegang op deze droge grond geen verdichting teweeg gebracht. Hoewel het gemeten poriënvolume in het hondegangspoor hoger was dan in onbereden grond, was het verschil niet significant (Tabel 3.8.6). Op tijdstip 3 was de grond in de sporen tot ca. 20 cm -mv enigszins verdicht, waarbij er geen verschil was tussen berijden in hondegang en 2 keer door hetzelfde spoor rijden. Onder de 20 cm -mv was er geen verschil tussen in of naast het spoor.



Figuur 3.8.3. De indringweerstand van de grond direct na de behandelingen op tijdstip 1 (linksboven), tijdstip 2 (rechtsboven) en tijdstip 3 (linksonder).

Gewas

De gewasopbrengstwaarnemingen werden in een aantal stappen statistisch geanalyseerd met behulp van de REML procedure in Genstat. Het effect van mestsoort en tijdstip van toediening op de opbrengst (Tabel 3.8.7) werd geanalyseerd met behulp van de waarnemingen op de onbereden veldjes. Hieruit bleken de hoofdeffecten mestsoort en tijdstip en hun interactie niet significant te zijn.

Tabel 3.8.7. Invloed van toedieningstijdstip en mestsoort op de opbrengst van wintertarwe (kg ha^{-1} ; vochtgehalte 15%).

Mestsoort	Tijdstip			Gemiddeld
	1	2	3	
Kunstmest	10225	10341	9487	10018
Varkensdrijfmest	9966	10375	10060	10133
lsd	928	928	928	536

Het effect van snijden en de interactie van snijden met tijdstip van toediening op de opbrengst (Tabel 3.8.8) werd eveneens geanalyseerd met behulp van de waarnemingen op de onbereden veldjes. Vanwege de beperkte set voor hondegang waren er meer veldjes met bemester in de grond (snijden) dan met bemester boven de grond (niet snijden). Dit is echter geen probleem voor de vergelijking. Het snij-effect was niet significant, zowel per tijdstip als gemiddeld over de tijdstippen en ook de interactie van snijden en tijdstip.

Tabel 3.8.8. Invloed van doorsnijden met zodenbemesterelementen op de opbrengst van wintertarwe (kg ha^{-1} ; vochtgehalte 15%) per toedieningstijdstip.

Snijbehandeling	Tijdstip			Gemiddeld
	1	2	3	
Niet snijden (bemester boven de grond)	10205	10597	10354	10385
Snijden (bemester maakt sleufjes in de grond)	10041	10238	9483	9921
lsd	992	992	992	572

Het effect van sporen en de interactie met tijdstip van rijden op de tarweopbrengst (Tabel 3.8.9) werd geanalyseerd in twee stappen omdat de hondegangsporen alleen lagen op veldjes waarop de machine gesneden had. De meest zuivere vergelijking met onbereden (buiten het spoor) was daarom voor het hondegangspoor op de veldjes met snijden en voor het enkelspoor zowel op de veldjes met en zonder snijden. Per tijdstip beschouwd was de opbrengst bij enkelspoor alleen significant lager dan onbereden op tijdstip 3, op de veldjes waar de bemester geheven was (niet snijden). Gemiddeld over de tijdstippen was de opbrengst bij enkelspoor statistisch significant lager, zowel bij geheven bemester (niet snijden) als bij de bemester in het werk (snijden). Voor het hondegangspoor was de opbrengst niet lager dan op onbereden veld. Vergeleken met enkelspoor was de opbrengst in het hondegangspoor significant hoger op tijdstip 1 en ook gemiddeld over de drie tijdstippen.

Het uiteindelijke effect van berijden op de opbrengst van een tarweperceel werd berekend en uitgedrukt in de perceelsopbrengsten. De perceelsopbrengsten werden berekend met een werkbreedte van 9,4 meter voor tijdstip 1, een werkbreedte van 8,7 meter voor de tijdstippen 2 en 3 en een effectieve spoorbreedte van $2 \times 1,0$ m. De daarmee berekende bedekking van het perceel met enkele rijsporen was 21% voor tijdstip 1 en 23% voor tijdstippen 2 en 3. Bij het rijden in hondegang was de bedekking 42% voor tijdstip 1 en 46% voor tijdstippen 2 en 3. Hiermee rekening houdend werden voor de behandelingen de voor de praktijk relevante opbrengsten per perceel berekend uit de opbrengsten in het spoor en buiten het spoor (Tabel 3.8.10). Gemiddeld was de opbrengstschade door berijden 1,5% bij rijden met enkelspoor en nihil bij rijden in hondegang.

Tabel 3.8.9. Invloed van berijding op de opbrengst van wintertarwe (kg ha⁻¹; vochtgehalte 15%) per toedieningstijdstip.

Behandeling		Tijdstip			Gemiddeld
Snijden	Berijden	1	2	3	
Niet snijden	Buiten het spoor	10205	10597	10353	10385
Niet snijden	Enkelspoor	9959	9617	9251	9609
	lsd	1046	1046	1046	604
Snijden	Buiten het spoor	10040	10238	9483	9921
Snijden	Hondegang	10438	10233	9166	9961
Snijden	Enkelspoor	9083	9492	9309	9295
	lsd	995	995	995	575

Tabel 3.8.10. Opbrengsteffect van rijsporen op perceelsniveau per toedieningstijdstip en gemiddeld over de toedientijdstippen als percentage van de opbrengst op onbereden veld.

Behandeling		Tijdstip			Gemiddeld
Snijden	Berijden	1	2	3	
Niet snijden	Enkelspoor	-0,5	-2,1	-2,4	-1,7
Snijden	Hondegang	+1,9	0,0	-1,5	+ 0,1
Snijden	Enkelspoor	-2,0	-1,7	-0,4	-1,4

3.8.3 Samenvatting en conclusies

De grond was erg nat voor berijden op tijdstip 1, redelijk op tijdstip 2 en droog op tijdstip 3. Op tijdstip 1 was de grond zowel bij de enkelsporen als bij de hondegangsporen op beide dieptes dichter geworden, zodanig dat onder ongunstige omstandigheden een effect op de opbrengst verwacht mag worden. Op tijdstip 2 was er alleen een significante afname van de porositeit in beide typen sporen in de dieptelaag 2,5 - 7,5 cm, maar niet zodanig dat daardoor opbrengsteffecten te verwachten waren. Op tijdstip 3, bij de droogste grond, was er alleen een afname van de porositeit in het enkelspoor in de laag 2,5 - 7,5 cm, eveneens zonder verwachting van opbrengstderving. De verschillen in porositeit werden ook weergegeven door de gemeten indringweerstand, behalve een afwijkende meting die erg lage indringweerstand liet zien onder de hondegangsporen op tijdstip 2.

Het tijdstip van toedienen, de mestsoort, het doorsnijden van de zode door de zodenbemesterelementen en interacties tussen deze factoren hadden geen effect op de tarweopbrengst. Gemiddeld over de tijdstippen werd in het enkele spoor een opbrengstderving gemeten, zowel bij geheven bemester als bij de bemester in het werk. Het effect van enkelspoor per tijdstip was alleen significant op tijdstip 3, op de veldjes waar de bemester geheven was (niet snijden). Omdat de grond op tijdstip 3 droog was en nauwelijks verdicht, is het niet aannemelijk dat deze opbrengstderving veroorzaakt werd door bodemverdichting. Mogelijk is directe schade aan de tarwe doordat er twee keer overheen gereden werd in een laat gewasstadium de oorzaak voor de opbrengstderving. Voor het hondegangspoor werden geen statistisch significant effecten op de opbrengst vastgesteld.

Gerekend over het hele perceel was de opbrengstschade door berijden gemiddeld 1,5% bij rijden met enkelspoor en nihil bij rijden in hondegang.

4. Synthese, discussie en conclusies

De veldexperimenten die in dit rapport beschreven worden hadden allen tot doel om mogelijke schade van de mesttoedieningsapparatuur aan bodem en het gewas wintertarwe aan te tonen doordat dierlijke mest op kleigrond niet meer in het najaar (voor het ploegen), maar in het voorjaar toegediend moet worden. Bij de experimenten ging het steeds om mogelijke effecten door:

1. het doorsnijden van gewas en grond door bemesterelementen en nalopende wiedegtanden (snijschade) en
2. het rijden over de grond en het gewas onder verschillende bodemomstandigheden met verschillende apparatuur (spoorschade).

In deze synthese zijn de resultaten van de afzonderlijke proeven van 2006 tot en met 2009 samengenomen en als geheel geanalyseerd.

Effect van wiedeggen

In drie proeven werd de wiedeg na toedienen van de mest gebruikt om de mest in dezelfde werkgang (gesimuleerd) in te werken. De opbrengstschade door eggen was maximaal 1,3% en ook werd een keer een 3,6% hogere opbrengst geconstateerd. Gemiddeld over de proeven was er geen opbrengstschade door het wiedeggen. De conclusie luidt daarom dat licht onderwerken van de mest met de wiedeg geen schade aan de wintertarwe geeft.

Effect van snijden van de zodenbemesterelementen

Het effect van snijden werd geanalyseerd door vergelijking van alle waarnemingen waarbij de zodenbemesterelementen zowel in als boven de grond werkten, in onbereden grond. Hierbij is geen onderscheid gemaakt naar de soort mest, maar steeds zijn paren met dezelfde mestsoort vergeleken.

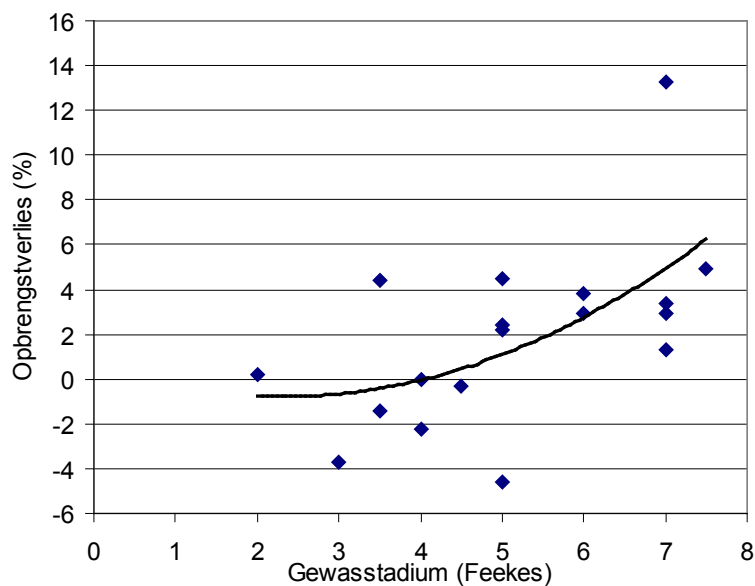
Omdat alleen bij de proef in Lelystad in 2009 in een laat gewasstadium een statistisch significante invloed van het snijden met zodenbemesterelementen werd geconstateerd, werd nader geanalyseerd in hoeverre het snijverlies samenhangt met het gewasstadium. Hiertoe werd voor elke verlieswaarneming het gewasstadium (systeem Feekes) vastgesteld en werd geanalyseerd of er een verband was met het waargenomen verlies. Bij fitten van een exponentiële curve door de waarnemingen bleek het verband tussen opbrengstverlies en gewasstadium (Figuur 4.1) statistisch significant ($P < 0,05$). Op basis van alle waarnemingen kan de conclusie getrokken worden dat er snijverlies begint op te treden als de strekkingsfase begint (Feekes schaal 4) en dat het snijverlies oploopt tot 3% als de eerste knoop zichtbaar is (Feekes schaal 6) en 5% als er twee knopen zichtbaar zijn (Feekes schaal 7).

Effect van rijsporen

Door analyse van alle waarnemingen van opbrengsteffecten in de rijsporen is nagegaan of effecten van de gebruikte apparatuur, de bodemdruk van de apparatuur, het aantal passages door hetzelfde spoor, de natheid van de grond (0 - 10 cm), de mestsoort en het gewasstadium op het opbrengstverlies in de sporen aantoonbaar was. Hiertoe werden alle waarnemingen gebruikt waarbij spoor en onbereden grond direct naast elkaar lagen, ongeacht mestsoort en of de bemesterelementen door het gewas sneden of niet.

Voor geen van de genoemde factoren, ook niet voor bodemdruk, kon een statistisch significant opbrengsteffect in het rijspoor aangetoond worden. Dit geldt ook voor het effect van de sporen op de opbrengst op het hele perceel.

Bij de afzonderlijke proeven werd in drie gevallen schade door verminderde gewasopbrengst in de sporen van de mestapparatuur geconstateerd, allemaal bij een bodemdruk boven de 1 bar. Als alle proeven bijeengenomen worden, waarbij de bodemdrukindicatie hoger dan 100 kPa (1 bar) was, dan blijkt het gemiddelde opbrengstverlies van 4,9% in de sporen bij deze proeven significant ($P < 0,05$) te verschillen van het gemiddelde verlies van 0,15% in de sporen waarin de bodemdruk lager dan 100 kPa was. Berekend met 30% bedekking van het veld met sporen bij de proeven met bodemdruk hoger dan 100 kPa was de opbrengstschade op perceelsniveau 1,5%. Bij bodemdrukken lager dan 100 kPa was de opbrengstschade op perceelsniveau 0,0%.



Figuur 4.1. Effect van gewasstadium op het opbrengstverlies door doorsnijding van het gewas met zodenbemesterelementen.

Op basis van alle waarnemingen kan geconcludeerd worden dat de opbrengstschade door rijsporen van de bemestingsapparatuur 1,5% bedraagt als de bodemdrukken hoger dan 100 kPa (1 bar) zijn, maar dat geen verlies optreedt als de bodemdrukken lager dan 100 kPa zijn (Tabel 4.1). In één experiment werd éénmalig met een wiel berijden (hondegang) toegepast met bodemdrukken van 100 - 140 kPa. Bij deze proef werd geen enkel effect op de opbrengst van wintertarwe aangetoond.

Tabel 4.1. Opbrengsteffect van rijsporen op perceelsniveau in relatie tot de indicatieve bodemdruk van de mestapparatuur als percentage van de opbrengst op onbereden veld.

Bodemdruk	Opbrengstschade wintertarwe op perceelsniveau (%)
Lager dan 100 kPa (1 bar)	0,0
Hoger dan 100 kPa (1 bar)	1,5

Tot slot

Bij een vergelijking van de toediening van dierlijke mest met de toediening van kunstmest in wintertarwe moet opgemerkt worden dat het toedienen van dierlijke mest aantrekkelijk kan zijn zelfs als er, vergeleken met een vergelijkbare kunstmestgift, enige opbrengstderving optreedt als gevolg van sporen of snijden door de bemesterelementen. Met de dierlijk mest wordt organische stof, stikstof, fosfaat en kali gegeven waardoor er bespaard kan worden op de kunstmestkosten. In perioden met mestoverschotten kunnen de kosten van het gebruik van dierlijke mest beperkt zijn. Opbrengstdervingen in de sporen kunnen vermeden worden door de mest toe te dienen met bodemvriendelijke apparatuur.

Uit emissiemetingen is bekend dat bemesten met een zodenbemester, in sleufjes in de grond, een significant hogere emissiereductie geeft dan bemesten in strookjes op de grond. Het opbrengsteffect door snijden met een zodenbemester is afwezig of blijft beperkt mits de mesttoediening niet in een laat groeistadium plaatsvindt. Door toepassing van de sleepslangaanvoertechniek zijn lage bodemdrukken mogelijk en wordt berijdingsschade voorkomen. Ideaal zou het daarom zijn om de sleepslangaanvoertechniek te combineren met de zodenbemestingstechniek. Bij het toedienen van dierlijke mest met een zodenbemester is de trekkracht en het draagvermogen van de trekker de beperkende factor voor de werkbreedte die toegepast kan worden.

Bijlage I.

Technische gegevens machines proef Marrum, 2006

Trekker + mesttank + zodenbemester

- Trekker merk en type: New Holland TM155.
- Bemester: Veenhuis werkbreedte 7,6 m, afstand elementen 19 cm.

Gegevens bij een lege tank.

As	Banden			Aslast (kg)		Bandspanning (kPa)		Draagvermogen per band bij gemeten spanning	Bandspanning wat zou mogen (kPa)
	Merk	Maat	Breedte (cm)	Bemester op de grond *	Bemester in de hef *	Links	Rechts		
Trekker voor	Pirelli TM800	540/65R28	54	3260 (1630) **	3400 (1700) **	120	110	2355 (10 km/h)	60 (10 km/h)
Trekker achter	Michelin BibX	30.5LR32	77.5	6160 (3080)	4900 (2450)	160	160	7200 (10 km/h)	100 (10 km/h)
Mesttank	Goodyear Tundra Grip	66-44.00-25N	112	5900 (2950)	9040 (4520)	240	250	7600 (15 km/h)	280 (bij 15 km/h max 8215 kg)

* *bemester in werkstand (uitgeklapt).*

** *() gewicht per band.*

Gegevens bij een volle tank, zoals gebruikt in de proef (gevuld met water).

As	Banden			Aslast (kg)		Bandspanning (kPa)		Draagvermogen per band bij gemeten spanning (kg)	Bandspanning wat zou mogen (kPa)
	Merk	Maat	Breedte (cm)	Bemester op de grond *	Bemester in de hef *	Links	Rechts		
Trekker voor	Pirelli TM800	540/65R28	53	2620 (1310) **	2800 (1400) **	120	110	2355 (10 km/h)	60 (10 km/h)
Trekker achter	Michelin BibX	30.5LR32	77.5	9140 (4570)	8000 (4000)	160 [160]	160 [150]	7200 (10 km/h)	60 (10 km/h)
Mesttank	Goodyear Tundra Grip	66-44.00-25N	112	13000 (6500)	16280 (8140)	240 [240]	250 [250]	7600 (15 km/h)	280 (bij 15 km/h max 8215 kg)

* *bemester in werkstand (uitgeklapt).*

** *() gewicht per band.*

Spoorbreedtes.

As	Spoorbreedte hart/hart (cm)	Ruimte tussen de banden (cm)	Buitenkant (cm)
Trekker voor	197	144	250
Trekker achter	212.5	135	290
Mesttank	208	96	320

Percentage bereden oppervlak: 29%

Trekker + Sleepslangaanvoer met sleufkouterbemester

- Trekker merk en type: John Deere 6800**.
- Bemester: Baars, werkbreedte 12 m, afstand elementen 25 cm.

As	Banden			Aslast (kg)		Bandspanning (kPa)		Draagvermogen per band bij gemeten spanning (kg)	Bandspanning wat zou mogen (kPa)
	Merk	Maat	Breedte (cm)	Bemester op de grond *	Bemester in de hef *	Links	Rechts		
Trekker voor	Trelleborg Twin 414	750/45-30.5	75	3000	2740	110	110	3430 (10 km/h)	50 (10 km/h)
Trekker achter	Michelin Bib X	1050/50R32	105	6200	7280	110	110	8065 (10 km/h)	40 (10 km/h)

* *bemester in werkstand (uitgeklapt).*

** *gewichten zonder slang op de rol in de fronthead.*

Spoorbreedtes.

As	Spoorbreedte hart/hart (cm)	Ruimte tussen de banden (cm)	Buitenkant (cm)
Trekker voor	195	120	270
Trekker achter	215	110	320

Percentage bereden oppervlak: 18%

Trekker + kunstmeststrooier

- Trekker merk en type: Massey Ferguson 6470 Dynashift.
- Kunstmeststrooier: Lely Centerliner SL met weeginrichting en kantstrooier (gekeurd juli 2004).

As	Banden			Aslast (kg)		Bandspanning (kPa)		Draagvermogen per band bij gemeten spanning (kg)	Bandspanning wat zou mogen (kPa)
	Merk	Maat	Breedte (cm)	Kunstmeststrooier leeg	Kunstmeststrooier vol	Rechts	Links		
Trekker voor	Kleber Fitker	480/70R28	49.8	2260	1380	130	120	3430 (10 km/h)	80 (10 km/h) (min. vereist)
Trekker achter	Kleber Fitker	580/70R38	60.6	4000 (2000)	6160 (3080)	125	140	4417 (10 km/h)	100 (40 km/h) 80 (10 km/h) (min vereist)

Bijlage II.

Technische gegevens machines proef Tholen, 2007

Trekker + sleepslangaanvoer met zodenbemester

- Trekker merk en type: Fendt 818 Vario.
- Bemester: Veenhuis, werkbreedte 12 m.

As	Banden			Aslast (kg)		Benodigde bandspanning (kPa)	
	Merk	Maat	Breedte (cm)	Bemester op de grond *	Bemester in de hef *	Bemester op de grond	Bemester in de hef
Trekker voor	Michelin MachXBib	710/55R30	68	4760	3460	40 (10 km/h)	40 (10 km/h)
Trekker achter	Michelin MachXBib	900/50R42	85	5380 **	10780	40 (10 km/h)	80 (10 km/h)

* gewichten met slang op de rol in de frontheif.

** *geschat als: gewicht achteras + bemester (bemester op de grond: 9820 kg) min 75% van bemestergewicht (4540 kg).*

Percentage bereden oppervlak: 14%

Bijlage III.

Technische gegevens machines proef Ulrum, 2007

Trekker + sleepslangaanvoer met sleufkouterbemester

- Trekker merk en type: Renault Ares 696 RZ. De bandspanning van de trekker is normaal 100 kPa.
- Bemester: Merk onbekend, werkbreedte 15 m.

As	Banden			Aslast (kg)		Indicatie bodemdruk (kPa) **	
	Merk	Maat	Breedte (cm)	Bemester op de grond *	Bemester in de hef *	Bemester op de grond	Bemester in de hef
Trekekr voor	Michelin MultiBib	540/65R28	53	2780	3100	< 40	< 40
Trekekr achter	Michelin MegaXBib	800/65R32	80	3255	6180	< 40	< 40

* gewichten met slang op de rol in de frontheff; bemester op de grond geschat als gewicht van alleen de trekker.

** als indicatie voor de bodemdruk is weergegeven de banddruk die volgens de fabrikant nodig zou zijn om de gegeven aslast te dragen bij een snelheid van 10 km/h. Voor MegaXBib worden geen bandspanningen lager dan 1 bar aanbevolen. Om een indicatie te krijgen van de bodemdruk zijn de bandspanningen genoemd die voor dezelfde maat band in XM28 uitvoering nodig zijn.

Percentage bereiden oppervlak: 11%

Trekker + mesttank + zodenbemester

- Trekker merk en type: Renault Ares 816 RZ.
- Mesttank: Joskin, 10 m³.
- Bemester: Merk onbekend, werkbreedte 6,8 m.

As	Banden			Aslast (kg)		Indicatie bodemdruk (kPa) *	
	Merk	Maat	Breedte (cm)	Bemester op de grond	Bemester in de hef	Bemester op de grond	Bemester in de hef
<i>Volle tank</i>							
Trekker voor	Michelin XM28	600/65R28	58	450	835	< 40	< 40
Trekker achter	Michelin XM28	710/70R38	70	17500	16040	> 190	190
Mesttank	Firestone	1050/50R25	105	7050	10120	60	100
<i>Lege tank</i>							
Trekker voor	Michelin XM28	600/65R28	58	2480	2860	< 40	< 40
Trekker achter	Michelin XM28	710/70R38	70	9800	8350	70	50
Mesttank	Firestone	1050/50R25	105	2800	5870	< 40	40
<i>Halfvolle tank</i>							
Trekker voor	Michelin XM28	600/65R28	58	1470	1850	< 40	< 40
Trekker achter	Michelin XM28	710/70R38	70	13650	12200	140	120
Mesttank	Firestone	1050/50R25	105	4930	8000	40	70

* Als indicatie voor de bodemdruk is weergegeven de banddruk die volgens de fabrikant nodig zou zijn om de gegeven aslast te dragen bij een snelheid van 10 km/h.

Percentage bereiden oppervlak: 31%

Bijlage IV.

Technische gegevens machines proef Lelystad, 2008

Trekker + tank + slangenbemester + wiedeg

- Trekker merk en type: New Holland TM155.
- Tank: Kaweco met 4 wielen op regelmatige afstand op één as, 11,5 m³ inhoud, breedte van het spoor totaal 3,40 m.
- Bemester: Capelle slangenbemester aangebouwd aan wiedeg, werkbreedte 12 meter.

As	Banden			Aslast (kg) (tussen haakjes = leeg)				Bandspanning gemeten (kPa)		Minimaal ¹⁾ benodigde bandspanning (kPa)
	Merk	Maat	Breedte (cm)	Bemester op de grond	Bemester in de hef	Cilinder op max trek; bemester op de grond	Cilinder op max druk; bemester op de grond	Links	Rechts	
Trekker voor	Michelin XBib	710/55R30	68	1670	1920 (3080)	1025	2750	60-70	60-70	40
Trekker achter	Michelin MachXBib	900/50R42	85	9710	8660 (4960)	10645	8140	60-70	60-70	90
Mesttank	Michelin M28 (4x)	710/70R38	70	16460	19180 (10760)	16170	16950	60	60	65

¹⁾ Volgens opgave fabrikant.

Percentage bereiden oppervlak: 28% (volledige breedte wielen tank is beschouwd als bereiden)

Bijlage V.

Technische gegevens machines proef Lepelstraat, 2008

Trekker + sleepslangaanvoer met zodenbemester

- Trekker merk en type: John Deere 6820
- Bemester: Veenhuis, werkbreedte 12 m.

Ten tijde van de proeven zijn de gewichten niet gemeten omdat de inzet van de John Deere trekker niet gepland was. De gewichten zijn ingeschat met de volgende informatie en gedane aannamen:

- 1) de gegevens van de proef in Tholen met de vorige versie van de Veenhuisbemester (woog toen 4500 kg).
- 2) de bemester woog in 2008 5300 kg (informatie van Leijssen)
- 3) de haspel woog ca. 1550 kg
- 4) de vorig jaar gebruikte Fendt 818 Vario woog totaal 7185 kg (specificatie fabrikant)
- 5) de JD 6820 woog totaal ongeveer 5600 kg (specificatie fabrikant voor John Deere 6830)
- 6) de gewichtsverhouding voor-achter voor beide trekkers ongeveer gelijk is
- 7) voor dezelfde bemester gemonteerd op een Fendt 818 Vario waren de aslasten met geheven bemester 2500 kg (vooras) en 12800 kg (achteras)

As	Banden			Aslast (kg)		Benodigde bandspanning (kPa)	
	Merk	Maat	Breedte (cm)	Bemester op de grond *	Bemester in de hef *	Bemester op de grond	Bemester in de hef
Trekker voor	Michelin MachXBib	710/55R30	68	4210	1950	40 (10 km/h)	40 (10 km/h)
						60 (40 km/h)	60 (40 km/h)
Trekker achter	Michelin MachXBib	900/50R42	85	4330	11750	40 (10 km/h)	110 (10 km/h)
						60 (40 km/h)	40 km/h niet aanbevolen

* *gewichten met slang op de rol in de fronthead, geschat op basis van de gewichten in 2007.*

Percentage bereden oppervlak: 14%

Bijlage VI.

Technische gegevens machines proef Slootdorp, 2008

Zelfrijdende bemester

- Merk en type: VREDO VT2516 met drukwisselsysteem voor de banden en 12,5 m³ tank.
- Bemester: Vredo 7,2 m brede zodenbemester.

As	Banden			Aslast leeg (kg)		Aslast vol (kg)		Benodigde bandspanning vol (kPa) *)	Aslast halfvol (kg) **)	Benodigde bandspanning halfvol (kPa) **)
	Merk	Maat	Breedte (cm)	Bemester op de grond	Bemester in de hef	bemester op de grond	Bemester in de hef	Bemester op de grond	Bemester in de hef	Bemester in de hef
Voor	Michelin CargoXBib	850/50R30.5	86	6840	5960	11920	11000	100	8480	100
Achter	Michelin CargoXBib	850/50R30.5	86	5500	9200	12560	16140	100	12670	100

*) *Bandspanningen benodigd bij 10 km/h. Volgens de fabrikant is de minimaal benodigde bandspanning 100 kPa tot een aslast van 12860 kg. Daarboven is een hogere spanning voorgeschreven.*

***) *Zoals gebruikt in de proef voor effect van sporen.*

Percentage bereden oppervlak: 24%

Bijlage VII.

Technische gegevens machines proef Slootdorp, 2009

- Datum aanleg van de proef 04-04-2009, 21-04-2009 en 08-05-2009

Zelfrijdende bemester

- Merk en type: VREDO VT3936.
- Tijdstip I: met drukwisselsysteem voor de banden, 17 m³ tank, bemester: Duport zodenbemester, werkbreedte 9,4 m.
- Tijdstip II en III: zonder drukwisselsysteem voor de banden, 17 m³ tank, bemestern Vredo ZB3-8040 zodenbemester, werkbreedte 8,7 m.

As	Banden			Aslast (kg)				Benodigde bandspanning bij tank vol en bemester geheven (kPa) *)	Benodigde bandspanning bij tank halfvol en zwaarste belasting door bemester (kPa) **)
	Merk	Maat	Breedte (cm)	Leeg, bemester in de hef	Vol, bemester in de hef	Halfvol, bemester op de grond **)	Halfvol, bemester in de hef **)		
Voor	Michelin MegaXBib	1050/50R32 (73x44.00-32)	105	8100	17080	16160	14600	140	130
Achter	Michelin MegaXBib	1050/50R32 (73x44.00-32)	105	11020	18940	12480	17167	160	140

*) *Bandspanningen benodigd bij 10 km/h. Volgens de fabrikant is de minimaal benodigde bandspanning 100 kPa tot een aslast van 13880 kg. Daarboven is een hogere spanning voorgeschreven.*

**) *De gegevens over aslast halfvol zijn het gemiddelde van de drie tijdstippen van mesttoediening en de 4 herhalingen per tijdstip.*

Percentage bereiden oppervlak tijdstip I: 22%; hondegang: 45%

Percentage bereiden oppervlak tijdstip II en III: 24%; hondegang: 48%

