

Stikstofwerking van organische meststoffen op bouwland

Resultaten van veldonderzoek in Wageningen in 2010-11 en 2011-12

J.J. Schröder, D. Uenk, W. de Visser, F.J. de Ruijter, F.B.T. Assinck
& G.L. Velthof





Stikstofwerking van organische meststoffen op bouwland

Resultaten van veldonderzoek in Wageningen in 2010-11 en 2011-12

J.J. Schröder¹, D. Uenk¹, W. de Visser¹, F.J. de Ruijter¹, F.B.T. Assinck²
& G.L. Velthof²

¹ Plant Research International, Wageningen UR

² Alterra, Wageningen UR

© 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.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 616, 6700 AP Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 - 48 05 78
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
Summary	5
1. Inleiding	7
2. Materialen en methoden	9
2.1 Algemeen	9
2.2 Bodem en gewas	12
2.3 Groeiomstandigheden 2010 en 2011	13
2.4 Grondwaterbemonstering 2011 en 2012	13
3. Resultaten	15
3.1 Mestgiften	15
3.2 Bodem en gewas	16
3.3 Grondwaterbemonstering	22
3.3.1 Voorjaar 2011	22
3.3.2 Voorjaar 2012	24
4. Discussie	27
5. Conclusies	29
6. Literatuur	31
Bijlage 1. Proefveldschema	33
Bijlage 2. Drogestofopbrengst van snijmaïs (ton DS per ha) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort	35
Bijlage 3. Drogestofgehalte van snijmaïs (%) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort	37
Bijlage 4. Stikstofgehalten in drogestof van snijmaïs (% N) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort	39
Bijlage 5. Fosforgehalten in drogestof van snijmaïs (% P) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort	41
Bijlage 6. Stikstofopbrengst van snijmaïs (kg N per ha) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort	43
Bijlage 7. Fosfaatopbrengst van snijmaïs (kg P ₂ O ₅ per ha) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort	45
Bijlage 8. Apparent N efficiency in snijmaïs (kg DS per kg N-totaal) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort	47
Bijlage 9. Apparent N recovery in snijmaïs (kg N per kg N-totaal) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort	49

Bijlage 10.	Gemiddelde grondwaterstand (incl. standaardafwijking) per behandeling in cm-mv	51
Bijlage 11.	Gemiddelde nitraatconcentratie (incl. standaardafwijking) per behandeling in mg N per liter	53
Bijlage 12.	Gemiddelde N _{org} -concentratie (incl. standaardafwijking) per behandeling in mg N/l	55
Bijlage 13.	Gemiddelde ammoniumconcentratie (incl. standaardafwijking) per behandeling in mg N/l	57
Bijlage 14.	Gemiddelde N _{ts} -concentratie (incl. standaardafwijking) per behandeling in mg N/l	59

Voorwoord

De Meststoffenwet kent een zogenaamde stikstofwerking toe aan organische meststoffen. Die toekenning wordt met belangstelling gevolgd. Een lage werking kan wijzen op een hoge milieubelasting en het nodig maken om mestgiften diensengevolge te beperken. Een hoge werking, daarentegen, beperkt de noodzaak en wettelijke mogelijkheid om, binnen een gebruiksnorm, met kunstmest aan te vullen. Ook stelt een hoge toegekende werking hogere eisen aan het beheer van mest. Met de komst van allerlei 'nieuwe' producten uit mestverwerkende installaties is een juiste waardering van de stikstofwerking nog urgenter geworden. Wij zijn het Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovaties erkentelijk voor de opdracht om de stikstofwerking en milieubelasting van 'oude' en 'nieuwe' organische meststoffen te vergelijken. Dit vond plaats in het kader van de Beleidsondersteunende Onderzoeksprogramma's B01202, B01207 en B01212, het onderzoek Mineralenconcentraten in het kader van de Pilot Mineralenconcentraten en het Mestinnovatieonderzoek 2009-2010.

De auteurs

Samenvatting

De stikstofwerking van organische meststoffen afkomstig uit mestverwerking is in 2010 en 2011 vergeleken met de stikstofwerking van onbewerkte mesten. Daartoe is het effect van mineralenconcentraat (MC), varkensdrijfmest (VDM), rundveedrijfmest (RDM), dikke fractie van gescheiden varkensdrijfmest (DF), dikke fractie van het gescheiden digestaat van suikerbietenloof (SBDF, alleen in 2010), rundveestalmest (SM), zwavelzure ammoniak-kunstmest (ZA, alleen 2011) en kalkammonsalpeter-kunstmest (KM) op de opbrengst van snijmaïs bepaald. De gevonden relatieve stikstofwerkingen ten opzicht van KM bedroegen, gemiddeld over beide jaren, voor MC 81% (100% indien erkend als kunstmest), voor VDM 86% (forfaitair 70%), voor RDM 78% (forfaitair 60%), voor DF 60% (forfaitair 55%), en voor SM 36% (forfaitair 55%). De relatieve stikstofwerking van SBDF (alleen 2010) bedroeg 26% (forfaitair 40%) en die van ZA (alleen 2011) bedroeg 146% (forfaitair 100%). Die hoge werking van ZA is mogelijk een vertekening als gevolg van nawerking van SBDF die het jaar ervoor aan die veldjes werd toegediend. De gevonden werkingen van MC en SM bleven achter bij de wettelijke forfaits. Voor drijfmesten was het omgekeerde het geval. De proef is er ook op gericht om het niet-werkzame deel van de stikstofgift nader te verklaren. Daartoe is een deel van het proefveld na de oogst van de snijmaïs met een rogge-vanggewas ingezaaid en in het voorjaar volgend op de bemesting (2011 en 2012) de stikstofuitspoeling bepaald. Daaruit bleek dat een vanggewas de nitraatconcentratie van het bovenste grondwater in de winters van 2010-2011 en 2011-2012 met, respectievelijk, gemiddeld 7,5 en 10,9 mg nitraat-N per liter verlaagde. De stikstofuitspoeling bleek geen verband te houden met het onwerkzame of organische deel van de gebruikte soort mest, maar wel met de hoogte van gift aan werkzame N. Dat was ook het geval in combinatie met een vanggewas.

Summary

The nitrogen fertilizer replacement value (NFRV) of manure fractions resulting from separation has been compared with the NFRV of untreated manures. For that purpose the effect of a liquid fraction originating from separated pig slurry after reverse osmosis (MC), untreated pig slurry (PS), untreated cattle slurry (CS), a solid fraction from separated pig slurry (SF), a solid fraction from separated digested sugar beet leaves (SBSF, 2010 only), common farm yard manure from cattle (FYM), ammonium sulphate (AS, 2011 only) and calcium ammonium nitrate fertilizer (CAN), on the yield of silage maize has been assessed. The observed NFRV's, relative to CAN and averaged over both years, amounted to 81% for MC (legal default 100%, if recognized and used as mineral fertilizer), 86% for PS (legal default 70%), 78% for CS (legal default 60%), 60% for SF (legal default 55%) and 36% for FYM (legal default 55%). The NFRV of SBSF (2010) amounted to 26% (legal default 40%) and the NFRV of AS (2011) amounted to 146% (legal default 100%). This extraordinary value may have been distorted by residual N effects from the SBDF applied on these plots in the preceding year. The observed NFRV's for MC and FYM were lower than the legal default values, whereas the reverse applied to slurries. The experiment also intended to elucidate the fate of the non-recovered nitrogen. A part of the trial was hence planted with a rye cover crop and in the spring of 2011 and 2012 the effects of all treatments on nitrogen leaching were assessed. This part of the work indicated that a cover crop reduced the nitrate concentration of the upper groundwater by, on average, 7.5 mg and 10.9 mg nitrate-N per liter in the first winter and second winter, respectively. N-leaching was not related to complement of the NFRV or to the application rate of organically bound N in the form of manures. Leaching responded positively, however, to the rate of applied (effective) N, both in the presence and the absence of a cover crop.

1. Inleiding

Op Europese schaal bestaat een negatief verband tussen het regionale gebruik van dierlijke mest en de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. In verband daarmee wordt het gebruik van dierlijke mest mede verantwoordelijk gehouden voor, onder meer, verhoogde stikstof (N) concentraties in oppervlakte- en grondwater. Actie Programma's in het kader van de Europese Nitraatrichtlijn bevatten dan ook specifieke gebruiksnormen voor dierlijke mest.

Het aandeel van de N in mest dat even werkzaam is als kunstmest-N, heet de N-werkingscoëfficiënt (NWC). Het onwerkzame deel kan een extra belasting voor het milieu geven in de vorm van lachgas, ammoniak, ammonium, of nitraat. Samenleving en overheid willen daarom dat de (on)werkzaamheid van meststoffen goed onderzocht wordt. Op basis daarvan worden NWC's afgeleid die gebruikt kunnen worden bij het opstellen van een bemestingsplan. Een lijst met NWC's is ook in de Meststoffenwet opgenomen.

Het is soms onduidelijk of het gevonden verband tussen het gebruik van dierlijke mest en de N concentratie in het water voortkomt uit een min of meer principieel gebrek aan overeenstemming ('mismatch') tussen het tijdstip waarop de organische mest voedingsstoffen afgeeft en gewassen deze kunnen opnemen ('mineralisatie buiten het groei-seizoen'), of een gevolg is van de toekenning van een te lage NWC. Het laatste kan immers leiden tot onnodig hoge mestgiften dan wel aanvullingen met kunstmest-N die de gewasopbrengst niet verder verhogen maar het milieu wel belasten (Van Dijk & Schröder, 2007). Als 'mismatch' tussen aanbod en vraag een rol speelt, is overigens aannemelijk dat dit probleem groter is naarmate in de desbetreffende mest een groter deel van N in organisch gebonden vorm (Norg) aanwezig is. Het is dan ook belangrijk om onderscheid te maken tussen mestsoorten die in dit opzicht sterk kunnen verschillen. De noodzaak hiertoe is nog verder toegenomen met de komst van mestbewerkings-technieken. Deze technieken leiden immers tot producten waarvan de verhouding tussen minerale N (Nm) en Norg sterk kan verschillen.

Meerjarig onderzoek op grasland heeft inderdaad aangetoond dat mest met een relatief hoog aandeel Norg in het eerste jaar na toediening een lagere NWC heeft dan mest met een relatief hoog aandeel Nm. Uit hetzelfde onderzoek bleek echter ook dat dit niet zozeer voortvloeit uit 'mismatch' en een bijbehorend N-verlies, maar uit het feit dat de meeste proefopzetten geen rekening houden met de hogere N-nawerking van dergelijke mestsoorten. Als deze N-nawerking wel verrekend werd, dan kwamen de NWC's van verschillende mestsoorten meer met elkaar overeen (Schröder *et al.*, 2007). In lijn hiermee bleek uit ander onderzoek op zandgrasland dat dierlijke mest het grondwater niet meer belast dan kunstmest-N zolang aan de dierlijke mest maar de werkelijke NWC wordt toegekend (Schröder *et al.*, 2010). Overigens impliceren deze resultaten niet dat ook op bouwland geen 'mismatch' tussen aanbod en vraag kan optreden. Bouwlandgewassen hebben immers een kortere periode van N-opname, tenzij ze min of meer aaneengeschaald worden met effectieve vanggewassen.

Op basis van, onder meer, de in 2012 uit te voeren Evaluatie Meststoffenwet zal worden bepaald of in het kader van het 5^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn (2014-2017) met name op zand- en lössgronden verdere maatregelen nodig zijn rond, bijvoorbeeld, een verhoging van de werkingscoëfficiënten van dierlijke mest of een beperking in de ruimte voor toepassing van (onbewerkte) dierlijke mest in bepaalde teelten (Anonymus, 2009). De besluitvorming daarover is gebaat bij een goed inzicht in de mate waarin de belasting van waterlichamen principieel groter is bij gebruik van dierlijke mest en afhankelijk is van de verhouding Nm/Norg en de lengte van het groeiseizoen. Het Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie heeft opdracht gegeven daarnaar in de periode 2010-2012 onderzoek te doen. In dat onderzoek zijn ook sterk bewerkte dierlijke mesten, zogenaamde mineralenconcentraten (voor toelichting, zie: Velthof, 2011) opgenomen.

2. Materialen en methoden

2.1 Algemeen

In het voorjaar van 2010 is op een zandgrond in Achterberg een bouwlandproef aangelegd. In deze proef zijn in het voorjaar van 2010 en 2011 verschillende mestsoorten bij oplopende doseringen ('N-trappen') toegediend en snijmaïs als testgewas verbouwd. De mestsoorten betroffen kalkammonsalpeter (KM), mineralenconcentraat (MC), varkensdrijfmest (VDM), runderdrijfmest (RDM), dikke fractie van gescheiden varkensdrijfmest (DF) en vaste rundvee stalmest (SM). Behandelingen lagen jaarlijks op dezelfde plaats. In 2010 werd in aanvulling op bovengenoemde behandelingen ook de dikke fractie van gescheiden vergiste suikerbietenloof (SBDF) opgenomen bij een N-dosering van, naar schatting, 50 kg werkzame N per ha. In 2011 werd op de desbetreffende veldjes in plaats van de dikke fractie 100 kg kunstmest-N per ha toegediend in de vorm van zwavelzure ammoniak (ZA).

De proef is gelegen op een diep ontwaterd perceel (GHG tussen 40-80 cm-mv en GLG tussen 120-180 cm-mv) waarop in 2006, 2007, 2008 en 2009, achtereenvolgens, snijmaïs, suikerbieten, zomergerst en snijmaïs zijn verbouwd. Algemene bodemvruchtbaarheidsgegevens worden weergegeven in Tabel 1.

De proef is opgezet als een gewarde split plot blokkenproef met mestsoorten als hoofdfactor en N-trappen als splitsfactor (voor schema, zie Bijlage 1). De N-trappen zijn, met uitzondering van MC, ingesteld op basis van de forfaitaire wettelijke N-werking (Tabel 2). Voor MC is niet uitgegaan van de forfaitaire werking van 100% maar van een geschatte werking van 80% omdat aanvankelijk was uitgegaan van het testen van een dunne fractie uit scheiding zonder nabehandeling in de vorm van ultrafiltratie en omgekeerde osmose waarvoor een forfaitaire werking van 80% geldt. De N-trappen zijn gedoseerd op basis van analyses van de N-totaal concentratie zoals aangetroffen in de partijen mest, voorafgaand aan de proef (Tabel 3). Tijdens de toediening zijn alsnog definitieve duplo monsters van elke mestsoort genomen om de uiteindelijke, werkelijke N-giften te kunnen bepalen.

Tabel 1. Bodemvruchtbaarheidstoestand bij aanvang van de proef (bemonsteringsdatum 9 juni 2010).

Laag (cm)	N-totaal (g/100 g)	Nmin (kg N/ha)	P-totaal (mg P ₂ O ₅ /100g)	Pw (mg P ₂ O ₅ /l)	K-HCl (mg K/kg)	MgO (mg Mg/kg)	Org. stof (g/100 g)	pH-KCl -
0-30	0,114	36	115	47	87	127	3,2	5,5
30-60	0,075	41	58	22	81	95	2,2	5,4

Tabel 2. Behandelingen in de proef: mestsoorten, Nm/Ntot verhouding in voorlopig monster, forfaitaire N-werkingscoëfficiënt (NWC, %) en N-dosering (kg N-totaal per ha).

Mestsoort	Code	Nm/Ntot	NWC	Werkzame N, kg/ha			
				0*	50	100	150*
Volledige naam							
Kunstmest, KAS	KM	1,00	100	0	50	100	150
Kunstmest, ZA**	ZA	1,00	100	-	-	100	-
Mineralenconcentraat	MC	0,90	80***	0	63	125	188
Varkensdrijfmest	VDM	0,67	70	0	71	143	214
Rundveedrijfmest	RDM	0,56	60	0	83	166	250
Dikke fractie mestscheiding	DF	0,38	55	0	91	182	273
Rundveestalmest	SM	0,08	55	0	91	182	273
Dikke fractie suikerbietenloof**	SBDF	0,27	40	-	125	-	-

* Deze behandelingen zijn ook aangelegd in een variant zonder teelt van een vanggewas na de oogst van de snijmaïs.

** ZA alleen in 2011 onderzocht, SBDF alleen in 2010 onderzocht.

*** In afwijking van de wettelijke forfaitaire NWC van 100%.

Tabel 3. Mestsamenstelling van voorlopig monster op basis waarvan de productdosering (kg versgewicht per ha) is vastgesteld (de uiteindelijke analyse van de proefresultaten vond plaats op basis van een monster dat tijdens de toediening werd genomen: zie paragraaf 'Resultaten').

Jaar	Mestsoort	Samenstelling (g/kg vers)							
		Drogestof	Organ. stof	Ntot	Nm	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O
2010	MC	33	12	6,57	5,9	0,09	7,3	<0,7	1,9
	VDM	99	73	9,91	6,6	4,79	6,7	2,2	1,2
	RDM	85	65	5,00	2,8	2,04	5,3	1,3	0,8
	DF	273	205	12,7	4,8	14,9	5,1	5,6	0,9
	SM	188	135	4,93	0,4	2,52	6,9	3,5	2,0
	SBDF	193	117	5,93	1,6	10,1	4,3	2,2	1,1
2011	MC	-	-	10,7	-	-	-	-	-
	VDM	99	79	6,33	4,9	2,31	5,4	0,8	0,8
	RDM	82	63	4,53	2,6	1,44	5,4	1,3	0,7
	DF	295	216	12,6	4,9	17,2	5,5	6,6	1,1
	SM	244	142	7,55	0,7	5,1	9,2	3,2	1,6

Verschillen in P-beschikbaarheid tussen behandelingen werden op basis van de P-toestand van de bodem ('ruim voldoende', Tabel 1) niet verwacht en bovendien genivelleerd door in alle behandelingen 30 kg P₂O₅ per ha in de vorm van Tripel Super fosfaat (TSP) toe te dienen via rijenbemesting. De kalistoestand was 'ruim voldoende'. Verschillen in K-voorziening tussen behandelingen, zoals verwacht op basis van de voorlopige mestsamenstelling (Tabel 3), zijn gecompenseerd met K60 kunstmest toegediend voor het ploegen (Tabel 4).

Tabel 4. Breedwerpig aanvullende K-giften in 2010/2011 (kg K₂O per ha per jaar).

Mestsoort	Werkzame N, kg/ha.jaar			
	0*	50	100	150*
KM	400/400	400/400	400/400	400/400
ZA	-	-	n.v.t./400	-
MC	400/400	300/300	200/300	100/200
VDM	400/400	400/300	300/300	300/200
RDM	400/400	300/300	200/200	100/100
DF	400/400	400/400	300/300	300/300
SM	400/400	300/300	100/200	0 /100
SBDF	-	300/n.v.t.	-	-

* Deze behandelingen zijn ook aangelegd in een variant zonder vanggewas.

De toediening van de vloeibare mesten (MC, VDM, RDM) vond plaats met een Schuitemaker bouwland injecteur uitgerust met ganzevoetkouters met een onderlinge afstand van 26 cm op een diepte van circa 5-10 cm, in combinatie met een Evers schijveneg bij een werkbreedte van 4,5 meter. De toediening van de vaste mesten (DF, SM, SBDF) vond plaats met een Schuitemaker 3 tons vaste mestverspreider met een dubbele wals op een werkbreedte van 1,5 meter. Kunstmest K en N (KM, ZA) vond plaats met een Kuhn pneumatische strooier met 4 afzonderlijk regelbare secties van elk 4,5 meter. Tabel 5 geeft een overzicht van de diverse veldwerkzaamheden.

Tabel 5. Veldwerkzaamheden 2010 en 2011.

Activiteit		2010	2011
Cultiveren	(scheuren rogge)	n.v.t.	1 maart
Mesttoedieningen	Vaste stalmest (SM)	21 april	28 april
	Dikke fractie (DF)	28 april	29 april
	Dikke fractie suikerbietenloof (SBDF)	21 april	n.v.t.
	Dunne mesten (RDM, VDM, MC)	26 april	3 mei
	Inwerken SM, DF, SBDF	28 april	4 mei
Ploegen		29 april	4 mei
Mesttoedieningen	Kunstmest K ₂ O	28 april	9 mei
	Kunstmest P ₂ O ₅	4 mei	6 mei
	Kunstmest N	7 mei	9 mei
Zaaien	Ras	4 mei	6 mei
	Dichtheid per ha	103000	100000
	Ras	LG 30218	LG30208
Oogst snijmaïs		20 september	20 september
Vanggewas	Datum	23 september	27 september
	Dichtheid, kg per ha	200	200
	Roggeras	Admiraal	Admiraal
Opbrengstbepaling vanggewas		Niet uitgevoerd	Niet uitgevoerd

2.2 Bodem en gewas

Jaarlijks zijn bij aanvang van het groeiseizoen, voorafgaand aan de bemesting, en na de laatste snede in het najaar per veldje grondmonsters genomen van de lagen 0-30 en 30-60 cm. In de monsters is de hoeveelheid minerale N bepaald. In beide jaren is bij aanvang van het groeiseizoen ook algemeen grondonderzoek verricht.

De opbrengst van de snijmaïs is in zowel 2010 als 2011 bepaald via oogst met een tweerijige New Holland 1770 hakselaar met weegunit. Na weging van het verse materiaal werd per veldje een monster genomen ter bepaling van het drogestofgehalte. In het gedroogde materiaal zijn vervolgens het N- en het P-gehalte bepaald.

De opbrengst van het vanggewas is noch in 2011 noch in 2012 bepaald omdat te weinig materiaal gegroeid was en het weinige dat wel gegroeid was teveel over de grond kroop om een betrouwbaar monster te kunnen nemen. Naar schatting zal in de bovengrondse delen in beide voorjaren niet meer dan hooguit enkele tientallen kilo's N per ha aanwezig geweest zijn.

De effecten van een behandeling op de gewasopbrengst zijn steeds gedefinieerd als het verschil ten opzichte van de onbemeste controle en wel in de vorm van de berekende apparent N recovery (ANR) en apparent N efficiency (ANE) van de (kunst)mestgift:

$$ANR = \frac{(N \text{ opbrengst bemest gewas} - N \text{ opbrengst controle})}{(\text{toegediende hoeveelheid N-totaal})} \text{ in kg N opgenomen per kg N toegediend}$$

$$ANE = \frac{(DS \text{ opbrengst bemest gewas} - DS \text{ opbrengst controle})}{(\text{toegediende hoeveelheid N-totaal})} \text{ in kg DS geproduceerd per kg N toegediend}$$

In 2010 was als kunstmestreferentie alleen de behandeling KM beschikbaar. In 2011 kon de relatieve werking ook worden afgezet tegen de kunstmeststof zwavelzure ammoniak (ZA). De bovenstaande berekeningen hebben alleen plaatsgevonden voor de opbrengsten van de snijmaïs, en niet voor de opbrengsten van snijmaïs en vanggewas tesamen. Uit de voornoemde berekeningen kan ook de NWC van de verschillende organische meststoffen berekend worden om deze te kunnen vergelijken met de vooraf geschatte NWC:

$$NWC_{ANR} = 100 \times ANR \text{ organische mest} / ANR \text{ kunstmest}$$

en

$$NWC_{ANE} = 100 ANE \text{ organische mest} / ANE \text{ kunstmest}$$

Hierbij is steeds die kunstmest-N trap gekozen waarvan de N-gift het best overeenkwam met de geschatte werkzame N-gift van de desbetreffende organische mestsoort. Deze berekeningen zijn in eerste instantie betrokken op behandelingen waarbij een vanggewas geteeld werd omdat de berekeningen dan op meer N-trappen toegepast konden worden.

Strikt genomen zijn de opbrengsten in 2011 een functie van zowel de in dat jaar gegeven mestgiftten als de eventuele N-nawerking van mestgiftten die in 2010 aan dezelfde veldjes zijn toegediend. Ontwarring van deze effecten zou een zeer ingewikkelde proefopzet vereist hebben. In plaats daarvan zijn de (drogestof- of N-) opbrengsten van beide jaren gesommeerd, de ANR en ANE van de over beide jaren gesommeerde N-giften bepaald en vervolgens de ANR-ratio en ANE-ratio van deze sommen berekend. De NWC in 2011 daarna benaderd als:

$$NWC_{2011} = 2 \times (NWC_{2010+2011}) - NWC_{2010}$$

2.3 Groeiomstandigheden 2010 en 2011

De groeiomstandigheden voor de snijmaïs waren in beide jaren qua temperatuur vergelijkbaar met het meerjarig gemiddeld. Het voorjaar van 2010 (1 april – 30 juni) was droger en het naseizoen (1 juli – 30 september) natter dan normaal (Tabel 6). In 2011 was de eerste helft van het groeiseizoen (1 april – 30 juni) warmer dan normaal en viel in april en mei slechts 34 mm neerslag tegen 120 mm normaal. In de tweede helft van het groeiseizoen was de temperatuur vrij normaal maar viel veel neerslag.

Vanwege het relatief koude najaar waren de groeiomstandigheden voor het vanggewas in 2010 minder gunstig dan in 2011. Beide winters ('oktober – maart') waren betrekkelijk droog.

Tabel 6. Gemiddelde dagtemperatuur en neerslag te Wageningen gedurende het groeiseizoenen 2010 en 2011 en daarop volgende winters 2010-2011 en 2011-2012, en het meerjarig gemiddelde ('Normaal') in De Bilt.

Kenmerk	Periode	2010-2011	2011-2012	Normaal*
Temperatuur, °C	1 april – 30 juni	12,1	14,4	12,6
	1 juli – 30 september	16,8	16,2	16,6
	1 oktober – 31 december	5,0	8,4	7,0
	1 januari – 31 maart	4,7	4,7	4,2
Neerslag, mm	1 april – 30 juni	108	160	170
	1 juli – 30 september	344**	333	197
	1 oktober – 31 december	196	212	240
	1 januari – 31 maart	174	148	208

* 1981-2010.

** Exclusief 24 en 25 mm berekening op 9 en 10 juli 2010.

2.4 Grondwaterbemonstering 2011 en 2012

2011

Het bovenste grondwater van het proefperceel is tussen 28 maart en 13 april 2011 bemonsterd en geanalyseerd. Omdat het grondwater zich niet dieper dan 200 cm beneden maaiveld bevond, is niet het bodemvocht maar het grondwater zelf bemonsterd. In elk veldje (zie voor maten en schema's Bijlage 1) zijn op 5 plekken grondwatermonsters genomen (grofweg: in het midden van het veldje en halverwege tussen het midden en de hoekpunten). Op elke plek is met behulp van een Edelmanboor geboord tot ongeveer 20 cm beneden de grondwaterstand. Vervolgens is met behulp van een poreuze cup (porie-diameter 0.45 µm) een grondwatermonster genomen (minimaal 50 ml per plek). Elk van de 5 monsters van ieder veldje zijn geanalyseerd op nitraat, ammonium en totaal oplosbare N bij het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem van Wageningen Universiteit.

2012

In 2012 is het bovenste grondwater van het proefperceel bemonsterd tussen 12 maart en 3 april. De bemonstering en de analyses zijn op dezelfde wijze uitgevoerd als in 2011.

3. Resultaten

3.1 Mestgiften

De mestsamenstelling tijdens het uitrijden (Tabel 7) verschilde weinig van de samenstelling die gebruikt werd voor het vaststellen van de giften (Tabel 3). De resulterende doseringen bij de behandeling '50 kg werkzame N per ha' worden weergegeven in Tabel 8.

Tabel 7. Mestsamenstelling (gemiddelde van duplo) van monster tijdens toediening.

Jaar	Mestsoort	Samenstelling (g/kg vers)							
		Drogestof	Org. stof	Ntot	Nm	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O
2010	MC	35	14	6,3	6,3	0,1	7,0	<0,7	1,9
	VDM	120	93	9,3	6,9	4,5	6,3	1,9	1,2
	RDM	81	58	4,8	2,9	2,0	5,4	1,4	0,8
	DF	256	190	10,9	4,4	13,9	4,9	5,1	0,9
	SM	216	142	5,5	0,4	3,6	10,0	2,6	1,9
	SBDF	171	99	5,0	1,7	9,9	4,0	2,1	1,0
2011	MC	42	14	8,5	8,2	0,1	9,4	0,7	-
	VDM	60	42	6,6	4,6	3,0	6,0	1,2	-
	RDM	55	38	4,3	2,8	1,5	5,4	1,5	-
	DF	303	217	12,2	4,1	19,3	5,9	<0,4	-
	SM	263	150	7,4	0,6	5,3	9,8	<0,4	-

Tabel 8. Toediening van organische stof en mineralen bij de behandeling '50 kg werkzame N per ha', op basis van de mestmonsters genomen tijdens de toediening.

Jaar	Mestsoort	Giften (kg/ha)							
		Org. stof	N-totaal	Nm	Norg	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O
2010	MC	129	61	60	1	1	67	<10	18
	VDM	666	67	49	18	32	45	14	8
	RDM	955	80	47	33	33	89	23	13
	DF	1361	78	32	46	100	35	37	6
	SM	2621	101	7	94	66	185	48	35
	SBDF	2466	125	34	91	213	91	46	23
2011	MC	82	50	48	2	0	55	4	-
	VDM	471	74	52	22	34	67	13	-
	RDM	698	79	51	28	28	99	28	-
	DF	1555	87	29	58	138	42	3	-
	SM	1825	90	7	83	64	119	5	-

3.2 Bodem en gewas

Bodem

Bij aanvang van het tweede groeiseizoen (2011) vond opnieuw algemeen grondonderzoek plaats. Daaruit bleek niet dat zich systematische wijzigingen van de bodemvruchtbaarheid hadden voorgedaan ten gevolge van de behandelingen in 2010 (Tabel 9).

Tabel 9. Algemeen grondonderzoek in 2010 en in 2011 in relatie tot de behandelingen in 2010.

Datum	Behandeling	Aspect en laag (cm)							
		Org. stof. g/100g		Ntot., g/100 g		Pw, mg P2O5/l		K-HCl, mg K/kg	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
Juni '10	0 N*	3,2	2,2	0,114	0,075	47	22	87	81
Maart '11	0 N*	3,7	1,2	0,121	0,024	41	3	51	42
	150 N als KM	3,7	1,1	0,128	0,018	45	6	40	35
	150 N als MC	3,5	1,2	0,120	0,021	38	2	40	31
	150 N als VDM	3,7	1,6	0,119	0,029	40	2	45	37
	150 N als RDM	4,0	1,6	0,128	0,032	44	3	46	34
	150 N als DF	3,6	1,0	0,123	0,015	45	5	51	34
	150 N als SM	3,8	1,2	0,127	0,017	39	2	55	50

* Gemiddeld over alle controles.

Pas na de oogst van de snijmaïs in 2010, werd bij een aantal behandelingen onderscheid gemaakt tussen het al dan niet telen van een vanggewas. Cijfers van bodem en gewas die betrekking hebben op momenten vóór inzaai van het vanggewas zijn daarom het gemiddelde van de waarnemingen van veldjes waarop dat onderscheid pas daarna is gaan spelen.

In 2010 werd na de oogst meer minerale N (residuaire N_{min}) aangetroffen naarmate in het voorgaande voorjaar meer N was toegediend (Tabel 10). Daarbij viel op dat eenzelfde (geschatte) hoeveelheid werkzame N bij gebruik van organische mest (inclusief MC) tot minder residuaire N_{min} leidde dan kunstmest-N. Binnen de organische mesten bestonden overigens geen significante verschillen.

In het voorjaar van 2011 werd op 22 maart, voor bemesting maar na scheuren van het vanggewas, meer minerale bodem N aangetroffen dan in het voorafgaande najaar. In alle onbemeste veldjes werden, zoals verwacht, vergelijkbare hoeveelheden minerale N gevonden. Bemesting (in 2010), daarentegen, leidde bij KM, MC, VDM en RDM tot enige verhoging van de hoeveelheid minerale N na de winter maar die verhoging was in geen van de gevallen significant. Het gebruik van vaste mesten (DF en SM) leidde in de laag 0-60 cm tot een niet-significante verlaging van de hoeveelheid minerale N (Tabel 11).

De teelt van een vanggewas verlaagde de hoeveelheid minerale bodem-N, hoewel het cultivateren van de rogge drie weken daarvoor had plaatsgevonden (Tabel 12).

Ook in 2011 werd de bodem na de oogst van de maïs op residuaire N_{min} bemonsterd. Bemesting leidde alleen bij gebruik van VDM en RDM (na teelt en inwerking van een vanggewas) tot een significante verhoging van de hoeveelheid residuaire N_{min} na de oogst. Anders dan in 2010 leidde eenzelfde hoeveelheid werkzame N in de vorm van organische mest (waaronder MC) niet tot minder residuaire N dan kunstmest-N (Tabel 13).

Ook in het voorjaar van 2012 werden geen significante verschillen aangetroffen in de hoeveelheden minerale N in de bodem als gevolg van mestsoorten of mestgiften (Tabel 14). De teelt van een vanggewas verlaagde de hoeveelheid minerale bodem-N, maar net als in het jaar daarvoor, was deze verlaging niet significant.

Tabel 10. Hoeveelheid minerale bodem N (kg per ha) op 22 september 2010, na de oogst van smijmaïs en voor de inzaai van het vanggewas, in relatie tot mestsoort en geschatte werkzame N-gift.

Laag	Mestsoort	Geschatte werkzame N (kg/ha)			
		0	50	100	150
0-30	KM	7 a *	11 ab	26 c	54 d
	MC	8 ab	7 a	8 ab	18 bc
	VDM	9 ab	11 ab	14 ab	18 bc
	RDM	8 ab	8 a	18 bc	20 bc
	DF	8 a	10 ab	15 ab	17 b
	SM	9 ab	8 ab	13 ab	19 bc
	SBDF		7 a		
LSD ($P<0,05$)	9				
0-60	KM	10 a *	18 ab	40 c	75 d
	MC	12 a	12 a	13 ab	31 bc
	VDM	14 ab	17 ab	24 ab	32 bc
	RDM	14 ab	12 a	32 bc	32 bc
	DF	12 ab	17 ab	24 ab	26 b
	SM	12 a	14 ab	20 ab	32 bc
	SBDF		11 a		
LSD ($P<0,05$)	14				

* Ongelijke letters binnen eenzelfde laagdikte duiden op significante verschillen.

Tabel 11. Hoeveelheid minerale bodem N (kg per ha) op 22 maart 2011, voor bemesting van snijmaïs, in relatie tot mestsoort en geschatte werkzame N-gift op voormalige braakveldjes.

Laag	Mestsoort	Geschatte werkzame N (kg/ha)	
		0	150
0-30	KM	47 ab *	75 b
	MC	61 ab	64 ab
	VDM	50 ab	54 ab
	RDM	53 ab	76 b
	DF	54 ab	41 a
	SM	53 ab	54 ab
LSD ($P<0,05$)	30		
0-60	KM	89 ab *	119 b
	MC	102 ab	131 b
	VDM	106 ab	115 ab
	RDM	105 b	133 b
	DF	92 a	73 a
	SM	104 ab	96 ab
LSD ($P<0,05$)	44		

* Ongelijke letters binnen eenzelfde laagdikte duiden op significante verschillen.

Tabel 12. Hoeveelheid minerale bodem N (kg per ha) op 22 maart 2011 en op 9 mei 2011 in onbemeste velden, in relatie tot de aanwezigheid van een vanggewas in de voorafgaande winter.

Laag	Monster	Winterbehandeling*		
		Geen vanggewas	Wel vanggewas	LSD ($P < 0,05$)
0-30	22 maart	47 a	41 a	64
	9 mei	97 a	63 a	99
0-60	22 maart	89 a	72 a	44
	9 mei	159 a	103 b	43

* Ongelijke letters binnen eenzelfde regel duiden op significante verschillen.

Tabel 13. Hoeveelheid minerale bodem N (kg per ha) op 21 september 2011, na de oogst van smijmaïs en voor de inzaai van het vanggewas, in relatie tot mestsoort en geschatte werkzame N-gift.

Laag	Mestsoort	Geschatte werkzame N (kg/ha)					
		0	50	100	150	0 braak	150 braak
0-30	KM	41 abcd*	37 abcd	37 abcd	39 abcd	39 abcd	43 abcd
	MC	33 abcd	39 abcd	47 bcde	33 abcd	25 abc	32 abcd
	VDM	22 a	35 abcd	36 abcd	52 de	24 ab	47 bcde
	RDM	31 abcd	35 abcd	42 abcd	67 e	34 abcd	43 abcd
	DF	45 abcde	44 abcd	48 cde	45 abcde	41 abcd	37 abcd
	SM	34 abcd	22 a	32 abcd	41 abcd	44 abcd	37 abcd
	ZA	-	-	51 de	-	-	-
LSD ($P < 0,05$)	23						
0-60	KM	67 abcde	60 abcd	63 abcd	59 abcd	63abcd	73 abcde
	MC	54 abcd	62 abcd	70 abcde	49 abc	38 a	49 abc
	VDM	36 a	51 abc	55 abcd	77 bcd	40 abc	78 cde
	RDM	55 abcd	53 abcd	75 bcde	101 e	54 abcd	75 bcde
	DF	73 abcde	70 abcde	88 d	72 abcde	67 abcde	67 abcde
	SM	56 abcd	36 a	48 abc	59 abcd	69 abcde	55 abcd
	ZA	-	-	88 d	-	-	-
LSD ($P < 0,05$)	37						

* Ongelijke letters binnen eenzelfde laagdikte duiden op significante verschillen.

Tabel 14. Hoeveelheid minerale bodem N (kg per ha) op 21 maart 2012, vóór toediening van meststoffen, in relatie tot de in voorgaande jaren gegeven mestsoort en geschatte werkzame N-gift.

Laag	Mest-soort	Geschatte werkzame N (kg/ha)					
		0	50	100	150	0 braak	150 braak
0-30	KM	43 abcd*	41 abc	57 abcde	45 abcd	81 e	48 abcd
	MC	47 abcd	57 abcde	37 ab	55 abcde	50 abcd	48 abcd
	VDM	51 abcd	50 abcd	62 abcde	58 abcde	62 abcde	70 cde
	RDM	56 abcde	52 abcde	72 de	54 abcde	65 abcde	61 abcde
	DF	58 abcde	49 abcd	50 abcd	43 abcd	50 abcd	46 abcd
	SM	28 a	39 ab	47 abcd	38 ab	40 ab	44 abcd
	ZA		25 a				
LSD ($P < 0,05$)		30					
0-60	KM	85 abcde*	75 abc	102 abcdefg	85 abcde	122 cdefg	90 abcdef
	MC	91 abcdef	103 abcdefg	78 abcd	109 cdefg	102 abcdefg	95 abcdef
	VDM	95 abcdef	96 abcdef	134 efg	106 bcdefg	100 abcdefg	139 fg
	RDM	107 bcdefg	108 cdefg	147 g	105 abcdefg	128 defg	107 bcdefg
	DF	97 abcdefg	80 abcd	96 abcdef	92 abcdef	84 abcde	96 abcdef
	SM	56 ab	90 abcdef	104 abcdefg	78 abcd	75 abc	79 abcd
	ZA		54 a				
LSD ($P < 0,05$)		51					

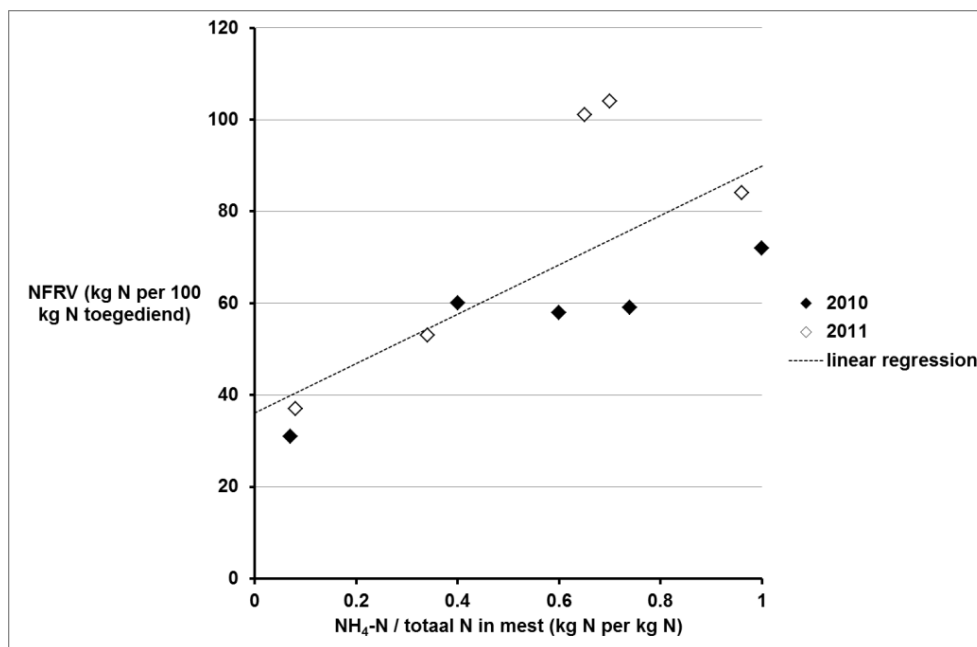
* Ongelijke letters binnen eenzelfde laagdikte duiden op significante verschillen.

Gewas

De bepalingen aan het gewas, waaronder degene die nodig zijn ter bepaling van de N-werkingscoëfficiënten (NWC's), zijn vermeld in Bijlagen 2 tot en met 9. Wat betreft die NWC's (Tabel 15a) bleek dat de waargenomen rangorde in 2010 goed overeenkwam met forfaitaire rangorde waarbij de NWC een min of meer positief verband vertoonde met het aandeel ammonium-N in de totale hoeveelheid N (Figuur 1). De absolute hoogte van de waargenomen NWC's week echter bij een aantal mestsoorten af van de forfaitaire. Dit gold niet voor de NWC van de gangbare drijfmest (VDM, RDM) waarvan de waarnemingen overkwamen met de forfaits. De NWC van mineralenconcentraat (MC) was met 77% aanzienlijk lager dan het forfait (100%). Gezien de volledig minerale aard van de N in het onderzochte MC (Tabel 7) werd dit niet verwacht. De NWC van 80% die voor MC gehanteerd werd bij het instellen van de doseringen (paragraaf 2.1), blijkt daarmee achteraf correct, althans voor het proefjaar 2010. De waargenomen NWC van dikke fracties varieerde; de NWC was aanmerkelijk hoger dan het forfait bij de dikke fractie van mest afkomstig van uit de Pilot Mineralenconcentraten (DF), maar lager dan het forfait bij de dikke fractie afkomstig van gescheiden en vergist bietenloof (SBDF). Ook de waargenomen werking van stalmest (SM) bleef achter bij de forfaitaire waarde.

In 2011 (Tabel 15b) kwam de NWC van de dikke fractie (DF) overeen met de forfaitaire waarde maar was die van vaste mest (SM) opnieuw lager dan de forfaitaire waarde. De beide drijfmesten werkten in 2011 even goed als kalkammonsalpeter (KM). Dat hoeft niet per se te wijzen op het feit dat de drijfmestbehandelingen profiteerden van een zekere N-nawerking van de drijfmest die in het voorgaande jaar toegediend was. Een verklaring ligt mogelijk ook in de relatief matiger benutting van KM. dan die van drijfmest. De terugwinning van kunstmest-N was in 2011 namelijk iets geringer dan in 2010 (Bijlage 9). In 2011 was de NWC van mineralenconcentraat (MC) net als in 2010 lager dan van kalkammonsalpeter-kunstmest (KM), en zelfs lager dan die van beide drijfmesten bij middeling over alle N-trappen.

De berekende NWC van MC werd niet beter door niet kalkammonsalpeter (KM) maar zwavelzure ammoniak (ZA) als kunstmest-referentie te gebruiken (Tabel 15c). De opbrengst van maïs reageerde namelijk sterker op een gift van 100 kg N per ha uit ZA dan 100 kg N per ha uit KM. Weersomstandigheden lijken daarbij geen rol gespeeld te kunnen hebben. Gezien het feit dat april en mei in 2011 zeer droog waren, is uitspoeling van de nitraatcomponent uit KM namelijk niet waarschijnlijk maar kan vervluchtiging van ammoniak uit ZA juist niet worden uitgesloten. De desondanks gunstige werking van ZA is mogelijk ook een gevolg van het feit dat deze behandeling is aangelegd op veldjes die het jaar (2010) daarvoor 125 kg N-totaal per ha in de vorm van dikke fractie van gescheiden vergiste suikerbietenloof (SBDF) toegediend hadden gekregen. De N-werking van SBDF bedroeg in 2010 niet meer dan 26%. Mogelijk heeft SBDF in 2011 N-nawerking gehad en zo bijgedragen aan de N-werking die in 2011 aan ZA is toegeschreven.



Figuur 1. Verband tussen het ammonium-N aandeel in de totale hoeveelheid mest-N en de aangetroffen N-werking (NFRV op basis van de ANR-ratio's).

Voorafgaand aan de teelt van maïs in 2011 werd bij enkele behandelingen geen vanggewas ondergeploegd. Uit vergelijking met vergelijkbare behandelingen waar dat wel het geval was, bleek dat een vanggewas alleen in combinatie met bemesting een gunstig (overigens meest niet-significant) effect op de drogestof- en N-opbrengst had (Bijlage 2b en 6b). Dit opbrengst-verhogende effect van een vanggewas was iets sterker bij gebruik van kunstmest-N (KM) dan bij gebruik van één van de organische meststoffen. Als gevolg daarvan verhoogden vanggewassen de ANE en de ANR van kunstmest-N sterker dan de ANE en ANR van de organische meststoffen en werden bijgevolg iets hogere N-werkingen berekend als deze betrokken werden op de ratio's van ANE's of ANR's van behandelingen zonder vanggewas.

Tabel 15a. *Forfaitaire en waargenomen werkingscoëfficiënt (NWC, kg N per 100 kg N-totaal toegediend) van organische mest, in afhankelijkheid van de basis (ANE, ANR) en N-gift (Wageningen, 2010).*

Mest-soort	Wettelijke forfaitaire NWC	Waargenomen NWC									
		Basis:	ANE				ANR				ANE & ANR
		Geschatte werkzame N, kg/ha*	50	100	150	Gem.	50	100	150	Gem.	<u>Gem.</u>
KM**	100		100	100	100	100	100	100	100	100	<u>100</u>
MC	100		89	82	75	82	62	71	82	72	<u>77</u>
VDM	70		55	76	79	70	42	62	74	59	<u>65</u>
RDM	60		42	86	60	62	42	72	60	58	<u>60</u>
DF	55		66	65	73	68	60	56	63	60	<u>64</u>
SM	55		26	38	44	36	23	33	37	31	<u>33</u>
SBDF	40		30	-	-	30	22	-	-	22	<u>26</u>

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

** Per definitie 100.

Tabel 15b. *Forfaitaire en waargenomen werkingscoëfficiënt (NWC, kg N per 100 kg N-totaal toegediend) van organische mest, in afhankelijkheid van de basis (ANE, ANR) en N-gift (Wageningen, 2011).*

Mest-soort	Wettelijke forfaitaire NWC	Waargenomen NWC									
		Basis:	ANE				ANR				ANE & ANR
		Geschatte werkzame N, kg/ha*	50	100	150	Gem.	50	100	150	Gem.	<u>Gem.</u>
KM**	100		100	100	100	100	100	100	100	100	<u>100</u>
MC	100		56	131	76	88	65	109	79	84	<u>86</u>
VDM	70		98	149	81	109	88	129	96	104	<u>107</u>
RDM	60		73	123	78	91	81	128	93	101	<u>96</u>
DF	55		44	76	53	58	45	68	47	53	<u>56</u>
SM	55		30	48	42	40	31	41	39	37	<u>38</u>
ZA	100		-	143	-	143	-	149	-	149	<u>146</u>

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

** Per definitie 100.

Tabel 15c. De berekende werkingscoëfficiënt (NWC, kg N per 100 kg N-totaal toegediend) van mineralen-concentraat in afhankelijkheid van de gebruikte referentiemeststof (Wageningen, 2011).

Mestsoort	Wettelijke forfaitaire NWC	Waargenomen NWC			
		Basis:	ANE	ANR	ANE & ANR
					<i>Gemiddeld</i>
KM*	100		100	100	<i>100</i>
MC o.b.v. KAS	100		136	120	<i>128</i>
MC o.b.v. ZA	100		95	81	<i>88</i>

* Per definitie 100.

3.3 Grondwaterbemonstering

3.3.1 Voorjaar 2011

Grondwaterstand

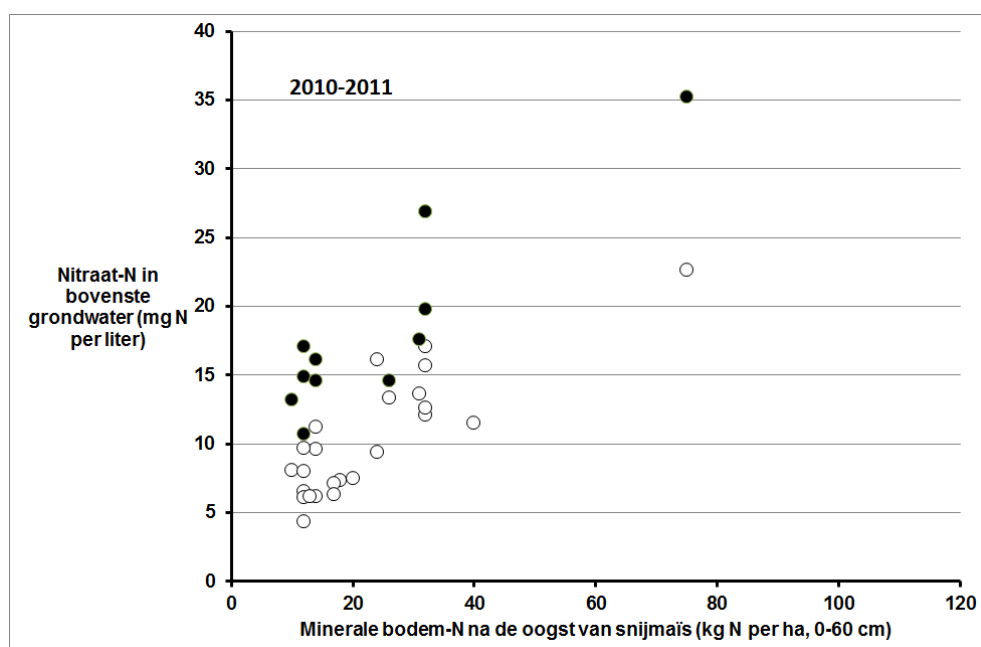
De gemiddelde grondwaterstand bedroeg 94 cm-mv. Binnen het perceel varieerde de grondwaterstand tussen 85 en 106 cm-mv. Tijdens de bemonstering van de eerste drie herhalingen was de gemiddelde grondwaterstand gelijk (in cm-mv). Tijdens de bemonstering van de laatste herhaling (5 dagen later) was de grondwaterstand als gevolg van de droge omstandigheden gemiddeld 8 cm lager (in cm-mv). Tussen de behandelingen varieert de grondwaterstand niet (Bijlage 10).

Nitraat

De gemiddelde nitraatconcentratie was 13,2 mg NO₃-N per liter. De laagst gemeten nitraatconcentratie is 0,5 mg NO₃-N per liter en de hoogst gemeten nitraatconcentratie is 69.1 mg NO₃-N per liter. Tabel 16 geeft de gemiddelde nitraatconcentraties per behandeling. In Bijlage 11 zijn dezelfde resultaten als figuur weergegeven. Nitraatconcentraties namen toe met de werkzame N-gift. Dit was sterker het geval bij gebruik van kunstmest dan bij gebruik van organische mest. Verder bleek de teelt van een vanggewas de nitraatconcentratie te verlagen. Overigens bleken de waargenomen concentraties positief gecorreleerd (Figuur 2a) met de hoeveelheid minerale bodem-N die in het voorgaande jaar na de maïsoogst waren aangetroffen (Tabel 10). Multiple lineaire regressie analyse bleek 82% van waargenomen variatie te kunnen verklaren met de teelt van een vanggewas als factor ($P < 0,001$) en de hoeveelheid minerale bodem N in de laag 0-60 cm als variabele ($P < 0,001$). Toevoeging van de hoeveelheid onwerkzame N ($(100 - \text{NWC})/100 \times \text{N gift}$) of de hoeveelheid toegediende organische N ($(\text{Ntotaal} - \text{NH}_4\text{-N})/\text{Ntotaal} \times \text{N gift}$) als proxy voor mogelijke mineralisatie tijdens het winterhalfjaar, gaf geen significante bijdrage aan de verklaarde variatie.

Tabel 16. Gemiddelde nitraatconcentratie (mg N-NO_3 per liter) per behandeling in het voorjaar van 2011.

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha					
	0	50	100	150	0 braak	150 braak
KM	8,1	7,3	11,5	22,6	13,2	35,2
MC	6,5	6,1	6,2	13,6	14,9	17,6
VDM	9,6	7,1	16,1	17,1	14,6	26,9
RDM	6,2	9,7	12,1	15,7	16,1	26,9
DF	8,0	6,3	9,4	13,3	17,1	14,6
SM	4,3	11,2	7,5	12,6	10,7	19,8
LSD ($P < 0,05$)	4,2					



Figuur 2a. Verband tussen minerale bodem-N na de oogst van de snijmaïs (eind september 2010) en de nitraatconcentratie van het bovenste grondwater (● = braak in winter, ○ = met vanggewas in winter) in het daarop volgende voorjaar (eind maart 2011).

Organische N, Ammonium en totaal wateroplosbare N

Het bemonsterde grondwater bevatte gemiddeld minder dan 2 mg organische N (N_{org}) per liter, minder dan 0,05 mg ammonium-N ($\text{NH}_4\text{-N}$) per liter. Bijlagen 12 en 13 tonen de resultaten per behandeling. Systematische behandelings-effecten traden niet op zodat de verschillen tussen behandeling wat betreft de totale hoeveelheid wateroplosbare N (N_{ts} , Bijlage 14) geheel voor rekening van verschillen in nitraat-N komen.

3.3.2 Voorjaar 2012

Grondwaterstand

De gemiddelde grondwaterstand bedroeg 90 cm-mv. Binnen het perceel varieerde de grondwaterstand tussen 70 en 109 cm-mv. Gedurende de bemonstering daalde de gemiddelde grondwaterstand van 75 cm-mv (eerste blok) naar 99 cm-mv (vierde blok), mede als gevolg van het relatief droge zonnige weer. Tussen de behandelingen varieert de grondwaterstand niet (Bijlage 10).

Nitraat

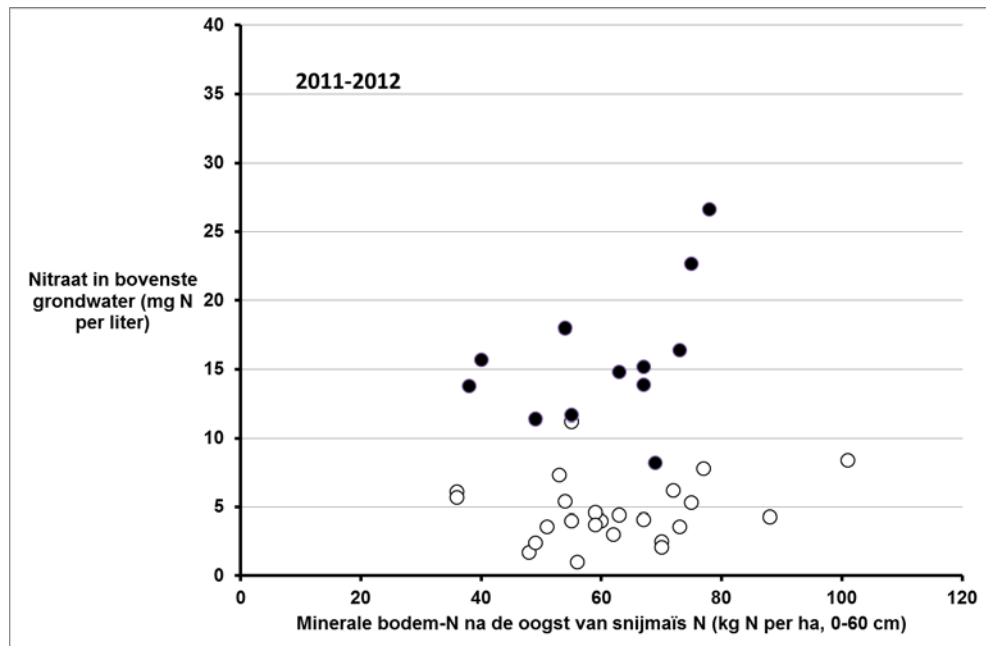
De gemiddelde nitraatconcentratie was 8,4 mg NO₃-N per liter (gemiddeld 4,8 mg per liter lager dan in 2011). De laagst gemeten nitraatconcentratie is 0 mg NO₃-N per liter en de hoogst gemeten nitraatconcentratie is 48,7 mg NO₃-N per liter. Tabel 17 geeft de gemiddelde nitraatconcentraties per behandeling voor 2012. In Bijlage 11 zijn dezelfde resultaten als figuur weergegeven. Nitraatconcentraties namen in 2012, anders dan in 2011, niet heel duidelijk toe met de werkzame N-gift. De teelt van een vanggewas verlaagde de nitraatconcentratie met ruim 10 mg N per liter (Figuur 2b). Multiple lineaire regressie analyse bleek 71% van waargenomen variatie te kunnen verklaren met de teelt van een vanggewas als factor ($P < 0,001$) en de hoeveelheid minerale bodem N in de laag 0-60 cm als variabele ($P = 0,13$). Toevoeging de hoeveelheid onwerkzame N ($(100 - \text{NWC})/100 \times \text{N gift}$) of de hoeveelheid toegediende organische N ($(\text{N}_{\text{totaal}} - \text{NH}_4\text{-N})/\text{N}_{\text{totaal}} \times \text{N gift}$) als proxy voor mogelijke mineralisatie tijdens het winterhalfjaar, gaf geen significante bijdrage aan de verklaarde variatie

Tabel 17. Gemiddelde nitraatconcentratie (mg N-NO₃ per liter) per behandeling in het voorjaar van 2012.

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha					
	0	50	100	150	0 braak	150 braak
KM	4,1	4,0	4,4	4,6	14,8	16,4
MC	5,4	3,0	2,1	2,4	13,8	11,4
VDM	6,1	3,6	11,2	7,8	15,7	26,6
RDM	4,0	7,3	5,3	8,4	18,0	22,7
DF	3,6	2,5	4,3	6,2	15,2	13,9
SM	1,0	5,7	1,7	3,7	8,2	11,7
LSD ($P < 0,05$)	3,7					

Organische N, Ammonium en totaal wateroplosbare N

Het bemonsterde grondwater bevatte gemiddeld minder dan 2 mg organische N (N_{org}) per liter, minder dan 0,03 mg ammonium-N (NH₄-N) per liter. Bijlagen 12 en 13 tonen de resultaten per behandeling. Systematische behandelingseffecten traden niet op zodat de verschillen tussen behandeling wat betreft de totale hoeveelheid wateroplosbare N (N_{ts}, Bijlage 14) geheel voor rekening van verschillen in nitraat-N komen.



Figuur 2b. Verband tussen minerale bodem-N na de oogst van de snijmaïs (eind september 2011) en de nitraatconcentratie van het bovenste grondwater (● = braak in winter, ○ = met vanggewas in winter) in het daarop volgende voorjaar (eind maart 2012).

4. Discussie

De stikstofwerking van organische meststoffen afkomstig uit mestverwerking is in 2010 en 2011 vergeleken met de stikstofwerking van onbewerkte mesten. Daartoe is het effect van mineralenconcentraat (MC), varkensdrijfmest (VDM), rundveedrijfmest (RDM), dikke fractie van gescheiden varkensdrijfmest (DF), dikke fractie van het gescheiden digestaat van suikerbietenloof (SBDF, alleen 2010), rundveestalmest (SM), zwavelzure ammoniak (ZA, alleen 2011) en KAS-kunstmest (KM) op de opbrengst van snijmaïs bepaald. De gevonden relatieve stikstofwerkingen ten opzicht van KM bedroegen, gemiddeld over beide jaren en gebaseerd op het gemiddelde van de werking afgemeten aan de N-opbrengst ('ANR-ratio's') en de drogestofopbrengst ('ANE-ratio's'), voor MC 81% (forfaitair 100%), voor VDM 86% (forfaitair 70%), voor RDM 78% (forfaitair 60%), voor DF 60% (forfaitair 55%), en voor SM 36% (forfaitair 55%). De relatieve stikstofwerking van SBDF (alleen 2010) bedroeg 26% (forfaitair 40%). De relatieve onwerkzaamheid van organische meststoffen uitte zich niet in de vorm van een grotere hoeveelheid ongebruikte minerale bodem-N onmiddellijk na de oogst van het hoofdgewas of in de vorm van een verhoogde N-uitspoeling gedurende de eerstvolgende winter. In 2010 was de hoeveelheid ongebruikte N per eenheid toegediende werkzame N zelfs geringer bij organische mesten, inclusief het mineralenconcentraat, dan bij kunstmest. Ditzelfde verschijnsel werd ook weer spiegeld in de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Dat betekent dat andere verliesroutes (ammoniakvervluchtiging, denitrificatie) een rol gespeeld kunnen hebben, en/of al uitspoeling heeft plaatsgevonden voorafgaand aan de bepaling van de minerale bodem-N of nitraat in het grondwater, en/of (tijdelijke) vastlegging heeft plaatsgevonden, en/of een deel van de toegediende organische N nog niet gemineraliseerd is. Uit eerder onderzoek blijkt dat dit laatste zeker een verklaring vormt voor onvolledige N-werking van drijfmesten en meer nog die van dikke fracties (DF) en stalmest (SM) (Schröder *et al.*, 2005, 2007).

Vanggewassen verlaagden de nitraatconcentratie van het bovenste grondwater in 2011 en 2012 met, respectievelijk, gemiddeld 7,5 en 10,9 mg N per liter. De neerslagoverschotten in aanmerking nemend, betekent dit dat de vanggewassen 30-40 kg N per ha in boven- en ondergrondse delen hebben vastgelegd. Het onderploegen van krap bemeste vanggewassen (0 kg N per ha) verlaagde de opbrengst (niet significant) met enige kilogrammen per ha, mogelijk via vastlegging van minerale N. Het onderploegen van bemeste vanggewassen (150 kg N per ha) verhoogde de opbrengst van snijmaïs (2011) met gemiddeld 7 kg N per ha (niet significant). Overwegende dat de N-terugwinning door maïs bij een gift van 150 kg N per ha in deze proef circa 40% bedroeg, betekent dit dat van de geschatte N-opbrengst van het vanggewas in het eerste jaar na onderploegen ongeveer de helft voor de maïs beschikbaar is gekomen. Dit soort bevindingen liggen in lijn met de resultaten van eerder onderzoek naar vanggewassen (Schröder *et al.*, 1996). N-uitspoeling bleek geen verband te houden met de aard van de gegeven meststof maar wel met de hoeveelheid gegeven werkzame N. Overeenkomstig de conclusies die uit eerder onderzoek op grasland getrokken zijn (Schröder *et al.*, 2010), is het daarom van belang de N-werking van meststoffen correct te waarderen. Een te lage waardering leidt, op termijn, tot een onnodig hoge N-uitspoeling.

5. Conclusies

- De eerstejaars N-werking van organische mesten blijkt positief gerelateerd aan het ammonium-N aandeel van de mest. Deze N-werking is niet noodzakelijkerwijs gelijk aan de lange-termijn werking of de N-werking die de Meststoffenwet toekent. De nitraatuitspoeling na toediening van mineralenconcentraten was vergelijkbaar of lager dan die van kunstmest.
- Mineralenconcentraten vertoonden ondanks hun hoge aandeel ammonium-N en emissie-arme toediening een circa 20% lagere N-werking dan de in Nederland meest gebruikelijke kunstmest-N.
- N-uitspoeling lijkt op korte termijn geen verband te houden met de aard van de gebruikte meststof, wel met de hoeveelheid werkzame N die is toegediend en dus met de N-werking die aan organische mesten wordt toegekend in combinatie met de gift.
- Onbemeste vanggewassen geteeld na tijdig geoogste snijmaïs, verlagen de N-uitspoeling en verhogen de N-beschikbaarheid voor volgteelten.

6. Literatuur

Anonymus, 2009.

4e AP. Vierde Nederlandse Actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2010-2013). Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 's-Gravenhage, 50 pp.

Dijk, W. van & J.J. Schröder, 2007.

Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouw op zand- en loessgrond bij verschillende uitgangspunten. Rapport 371, PPO Lelystad, 78 pp.

Schröder, J.J., W. van Dijk & W.J.M. de Groot, 1996.

Effects of cover crops on the nitrogen fluxes in a silage maize production system. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 44, 293-315.

Schröder, J.J., A.G. Jansen & G.J. Hilhorst, 2005.

Long term nitrogen fertilizer value of cattle slurry. *Soil Use Management* 21, 196-204.

Schröder, J.J., D. Uenk & G.J. Hilhorst, 2007.

Long-term nitrogen fertilizer replacement value of cattle manures applied to cut grassland. *Plant & Soil* 299: 83-99.

Schröder, J.J., F. Assinck, D. Uenk & G.L. Velthof, 2010.

Nitrate loss from grassland on sandy soils, as affected by the substitution of manure N for mineral fertilizer N and by soil type. *Grass and Forage Science* 65: 49-57.

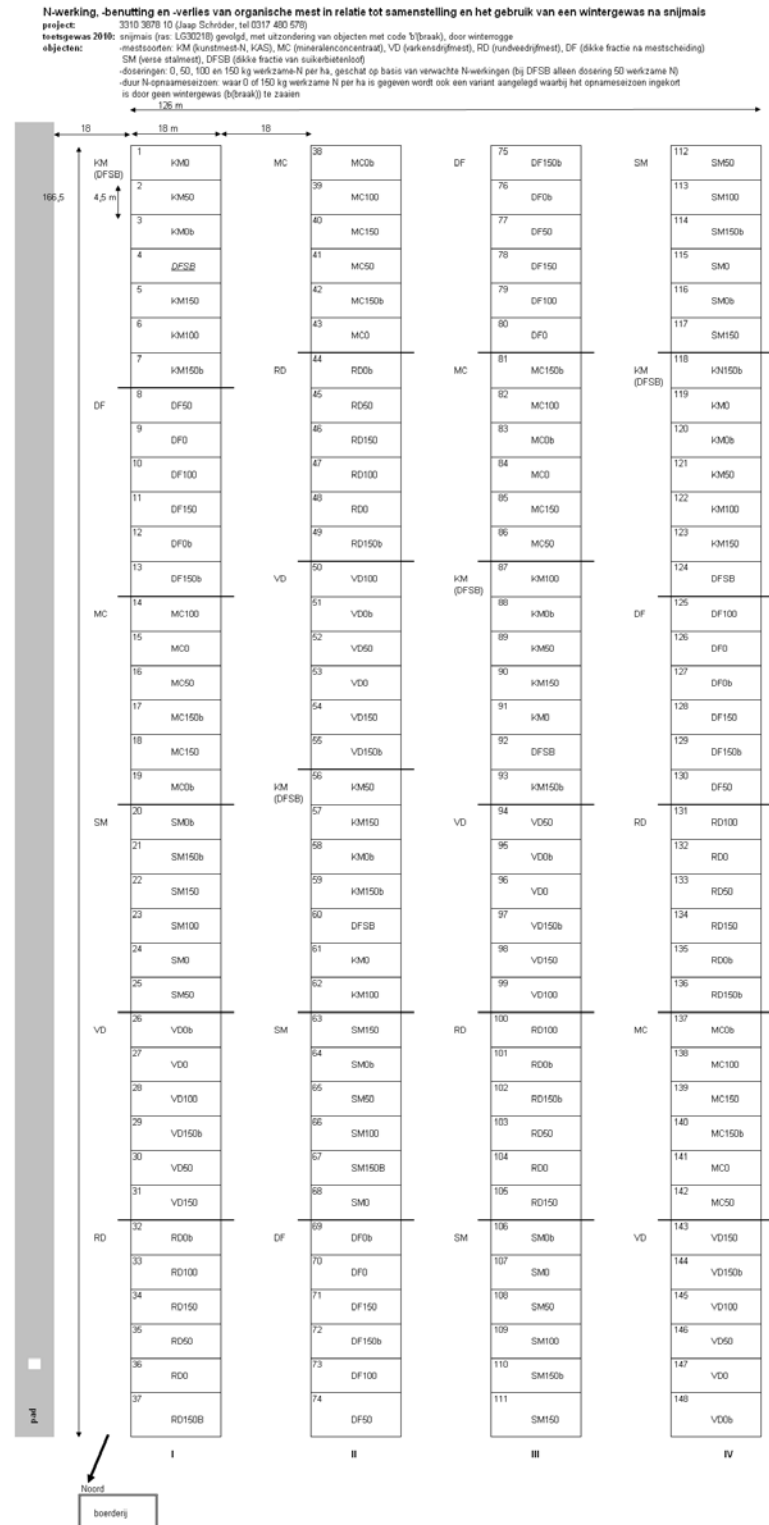
Velthof, G.L., 2011.

Synthese van het onderzoek in het kader van de Pilot Mineralenconcentraten. Rapport 221, WUR Alterra, Wageningen, 74 pp.

Bijlage 1.

Proefveldschema

Bijlage 1. Proefveldschema (op veldjes met code DFSB werd in 2010 de dikke fractie van gescheiden vergiste suikerbietenloof toegediend en in 2011 zwavelzure ammoniak).



Bijlage 2.

Drogestofopbrengst van snijmaïs (ton DS per ha) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort

Bijlage 2a. Drogestofopbrengst van snijmaïs (ton DS per ha) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2010).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha			
	0	50	100	150
KM	11,13 ab**	13,34 bc	14,21 cd	15,14 cd
MC	10,67 a	13,08 bc	13,74 c	14,36 cd
VDM	10,89 ab	12,53 bc	14,01 c	15,14 cd
RDM	10,67 a	12,14 b	14,91 cd	14,51 cd
DF	10,89 ab	13,18 bc	14,00 c	15,48 d
SM	10,85 ab	11,99 ab	13,24 bc	14,41 cd
SBDF	-	12,77 bc	-	-
LSD ($P<0,05$)	1,4			

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

** Ongelijke letters duiden op significante verschillen.

Bijlage 2b. Drogestofopbrengst van snijmaïs (ton DS per ha) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2011).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha					
	0	50	100	150	0 braak	150 braak
KM	7,14 ab	10,12 cdef	10,40 defg	12,93 h	7,18 ab	11,36 fgh
MC	7,00 ab	8,78 ac	11,42 fgh	11,54 gh	7,23 ab	12,23 gh
VDM	6,75 a	10,72 defg	13,66 h	13,52 h	7,30 ab	14,01 h
RDM	6,66 a	9,91 cdef	12,94 h	13,55 h	6,81 a	13,71 h
DF	7,00 ab	9,43 cd	11,25 efg	12,66 gh	7,46 ab	13,14 h
SM	6,86 a	8,46 b	9,72 cde	11,31 efg	7,43 ab	11,39 fgh
ZA	-	-	11,80 gh	-	-	-
LSD ($P<0,05$)	1,6					

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

** Ongelijke letters duiden op significante verschillen.

Bijlage 3.

Drogestofgehalte van snijmaïs (%) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort

Bijlage 3a. Drogestofgehalte van snijmaïs (%) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2010).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha			
	0	50	100	150
KM	26,6	27,9	27,6	27,2
MC	26,7	27,3	27,3	26,6
VDM	26,9	28,0	28,4	27,6
RDM	27,1	26,9	28,0	28,5
DF	27,8	26,5	28,2	27,9
SM	27,5	28,2	27,5	28,3
SBDF	-	26,3	-	-

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

Bijlage 3b. Drogestofgehalte van snijmaïs (%) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2011).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha					
	0	50	100	150	0 braak	150 braak
KM	26,1	26,7	27,2	25,6	26,5	27,3
MC	26,5	26,7	27,4	26,6	26,8	26,5
VDM	25,7	25,4	26,4	26,0	27,7	26,0
RDM	24,6	26,0	25,5	26,9	26,7	26,1
DF	25,8	26,4	27,2	25,8	26,7	27,2
SM	25,9	27,2	26,6	27,7	26,6	27,7
ZA	-	-	26,5	-	-	-

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

Bijlage 4.

Stikstofgehalten in drogestof van snijmaïs (% N) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort

Bijlage 4a. Stikstofgehalten in drogestof van snijmaïs (% N) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2010).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha			
	0	50	100	150
KM	0,89	1,08	1,16	1,23
MC	0,90	1,00	1,10	1,27
VDM	0,91	1,00	1,10	1,22
RDM	0,89	1,05	1,15	1,23
DF	0,90	1,06	1,10	1,17
SM	0,90	0,98	1,06	1,13
SBDF	-	0,97	-	-

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

Bijlage 4b. Stikstofgehalten in drogestof van snijmaïs (% N) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2011).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha					
	0	50	100	150	0 braak	150 braak
KM	0,94	0,95	1,07	1,14	0,95	1,17
MC	0,93	0,94	1,03	1,11	0,92	1,04
VDM	0,93	0,98	1,14	1,31	0,92	1,11
RDM	0,92	1,04	1,23	1,34	0,98	1,28
DF	0,92	0,91	1,05	1,05	0,91	1,10
SM	0,88	0,92	0,96	1,03	0,89	0,96
ZA	-	-	1,11	-	-	-

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

Bijlage 5.

Fosforgehalten in drogestof van snijmaïs (% P) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort

Bijlage 5a. Fosforgehalten in drogestof van snijmaïs (% P) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2010).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha			
	0	50	100	150
KM	0,20	0,18	0,15	0,17
MC	0,20	0,18	0,17	0,17
VDM	0,21	0,20	0,18	0,17
RDM	0,20	0,17	0,17	0,17
DF	0,21	0,19	0,18	0,18
SM	0,20	0,20	0,19	0,20
SBDF	-	0,20	-	-

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

Bijlage 5b. Fosforgehalten in drogestof van snijmaïs (% P) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2011).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha					
	0	50	100	150	0 braak	150 braak
KM	0,19	0,19	0,18	0,17	0,20	0,17
MC	0,21	0,20	0,19	0,17	0,17	0,16
VDM	0,19	0,20	0,17	0,17	0,18	0,17
RDM	0,19	0,19	0,17	0,18	0,15	0,17
DF	0,19	0,19	0,19	0,19	0,17	0,19
SM	0,20	0,21	0,21	0,20	0,19	0,19
ZA	-	-	0,16	-	-	-

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

Bijlage 6.

Stikstofopbrengst van snijmaïs (kg N per ha) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort

Bijlage 6a. Stikstofopbrengst van snijmaïs (kg N per ha) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2010).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha			
	0	50	100	150
KM	99 ab**	145 cd	165 d	185 d
MC	95 a	130 bc	152 cd	181 d
VDM	99 ab	125 bc	154 cd	184 d
RDM	95 a	126 bc	171 d	178 d
DF	97 ab	140 c	155 cd	181 d
SM	97 ab	118 bc	141 cd	162 d
SBDF	-	124 bc	-	-
LSD ($P<0,05$)	22			

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

Bijlage 6b. Stikstofopbrengst van snijmaïs (kg N per ha) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2011).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha					
	0	50	100	150	0 braak	150 braak
KM	67abc	96 def	111 fgh	148 kl	68 abc	133 ijk
MC	64 ab	82 bcd	117 ghi	127 hij	66 ab	126 hi
VDM	62 a	105 efg	155 l	177 mn	66 ab	155 l
RDM	61 a	103 efg	159 lm	182 n	66 ab	175 mn
DF	64 ab	86 cde	119 ghi	132 ijk	68 abc	145 jkl
SM	60 a	77 abcd	94 def	117ghi	66 ab	109 fgh
ZA	-	-	132 ijk	-	-	-
LSD ($P<0,05$)	19					

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

Bijlage 7.

Fosfaatopbrengst van snijmaïs (kg P₂O₅ per ha) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort

Bijlage 7a. Fosfaatopbrengst van snijmaïs (kg P₂O₅ per ha) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2010).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha			
	0	50	100	150
KM	50 a**	54 ab	50 a	58 ab
MC	48 a	55 ab	53 ab	54 ab
VDM	52 ab	56 ab	59 ab	59 ab
RDM	48 a	48 a	58 ab	54 ab
DF	50 a	58 ab	56 ab	65 b
SM	50 a	56 ab	56 ab	66 b
SBDF	-	58 ab	-	-
LSD (P<0,05) 13				

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

** Ongelijke letters duiden op significante verschillen.

Bijlage 7b. Fosfaatopbrengst van snijmaïs (kg P₂O₅ per ha) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2011).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha					
	0	50	100	150	0 braak	150 braak
KM	31 abc	43 def	42cdef	50 efgh	33 abcd	44 defg
MC	33 abcd	39 bcde	49 efgh	44 defg	27 a	45 efg
VDM	30 ab	50 efgh	54 gh	52 fgh	30 ab	55 gh
RDM	28 a	42 cdef	51fgh	56 h	24 a	54 gh
DF	30 ab	42 cdef	49 efgh	55 gh	29 ab	58 h
SM	31 abc	40 bcde	46 efgh	51 fgh	31 abc	48 efgh
ZA	-	-	43 def	-	-	-
LSD (P<0,05) 11						

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

** Ongelijke letters duiden op significante verschillen.

Bijlage 8.

Apparent N efficiency in snijmaïs (kg DS per kg N-totaal) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort

Bijlage 8a. Apparent N efficiency in snijmaïs (kg DS per kg N-totaal) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2010).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha		
	50	100	150
KM	44,2	30,8	26,7
MC	39,5	25,2	20,2
VDM	24,4	23,2	21,1
RDM	18,4	26,5	16,0
DF	29,4	20,0	19,7
SM	11,3	11,9	11,7
SBDF	13,1	-	-

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

Bijlage 8b. Apparent N efficiency in snijmaïs (kg DS per kg N-totaal) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2011).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha		
	50	100	150
KM	59,5	32,5	38,6
MC	35,5	44,2	30,2
VDM	53,7	46,7	30,5
RDM	41,1	39,8	29,1
DF	28,0	24,5	21,7
SM	17,8	15,9	16,5
ZA	-	46,6	-

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

Bijlage 9.

Apparent N recovery in snijmaïs (kg N per kg N-totaal) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort

Bijlage 9a. Apparent N recovery in snijmaïs (kg N per kg N-totaal) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2010).*

Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha		
	50	100	150
KM	0,91	0,67	0,58
MC	0,57	0,47	0,47
VDM	0,40	0,41	0,43
RDM	0,39	0,48	0,35
DF	0,54	0,37	0,35
SM	0,20	0,22	0,21
SBDf	0,20	-	-

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

Bijlage 9b. Apparent N recovery in snijmaïs (kg N per kg N-totaal) in afhankelijkheid van de geschatte hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2011).*

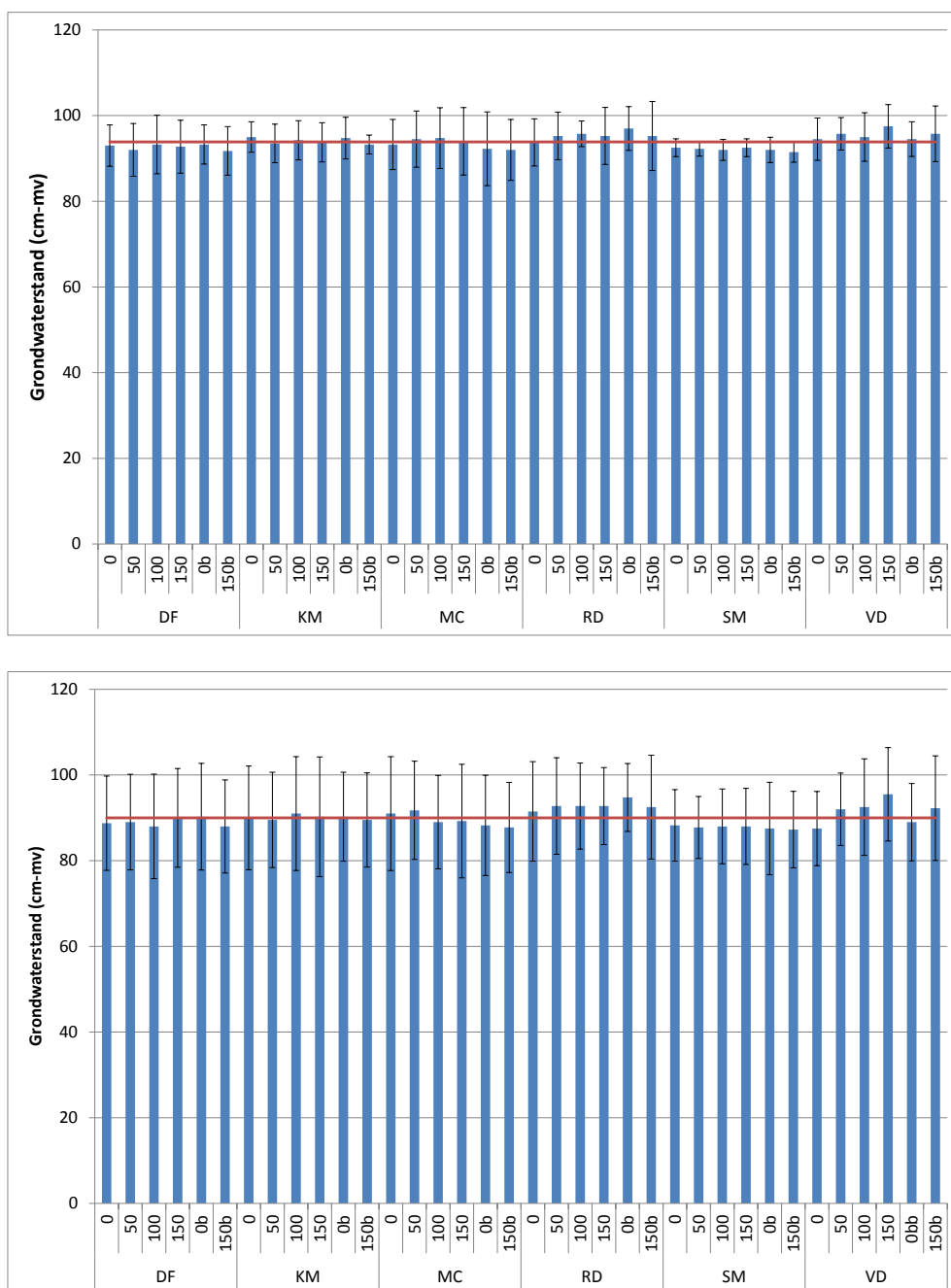
Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha		
	50	100	150
KM	0,57	0,44	0,54
MC	0,35	0,52	0,42
VDM	0,57	0,63	0,52
RDM	0,53	0,62	0,51
DF	0,24	0,31	0,26
SM	0,19	0,18	0,21
ZA	-	0,65	-

* Na dosering op basis van forfaitaire NWC (Tabel 2) en voordien vastgestelde N gehalte (Tabel 3).

Bijlage 10.

Gemiddelde grondwaterstand (incl. standaardafwijking) per behandeling in cm-mv

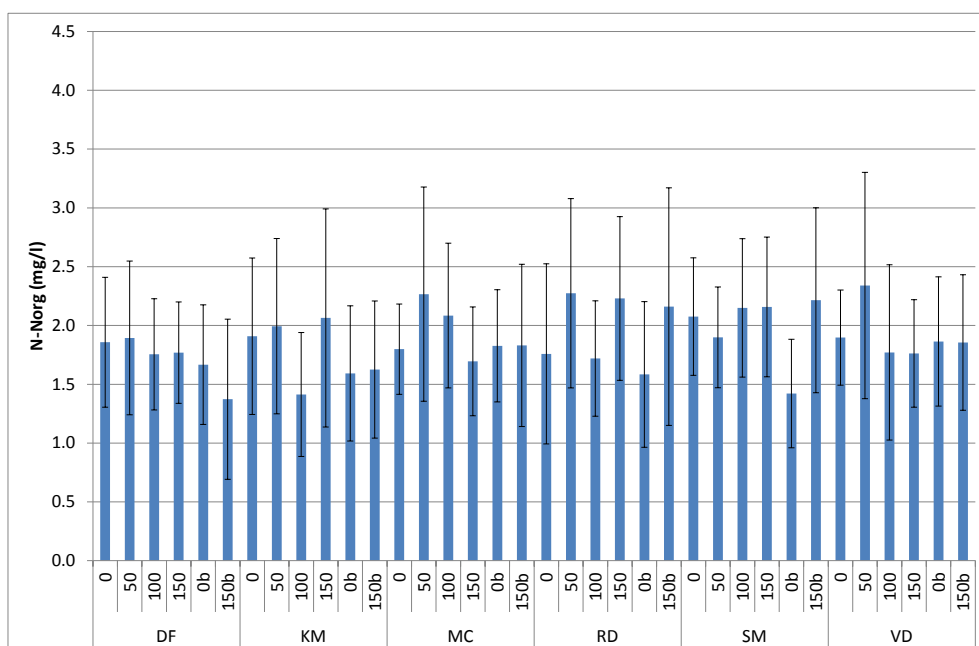
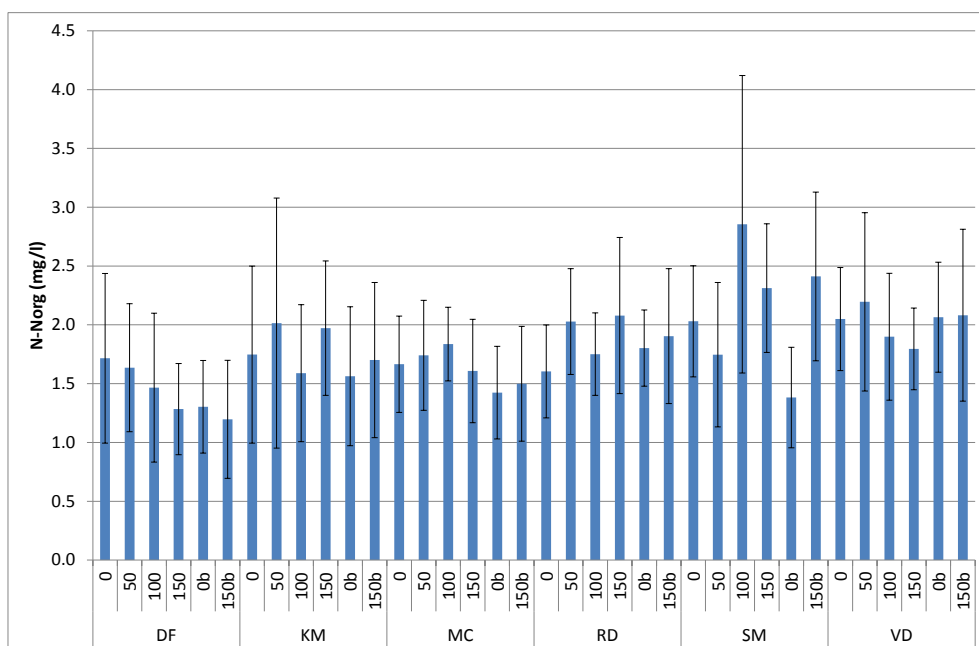
Bijlage 10. Gemiddelde grondwaterstand (incl. standaardafwijking) per behandeling in cm-mv, in afhankelijkheid van mestsoort (RD=RDM, VD=VDM), mestgift en vanggewas (b=braak). De rode lijn geeft het gemiddelde weer. Bovenste figuur geldt voor 2011, onderste figuur voor 2012.



Bijlage 12.

Gemiddelde N_{org} -concentratie (incl. standaardafwijking) per behandeling in mg N/l

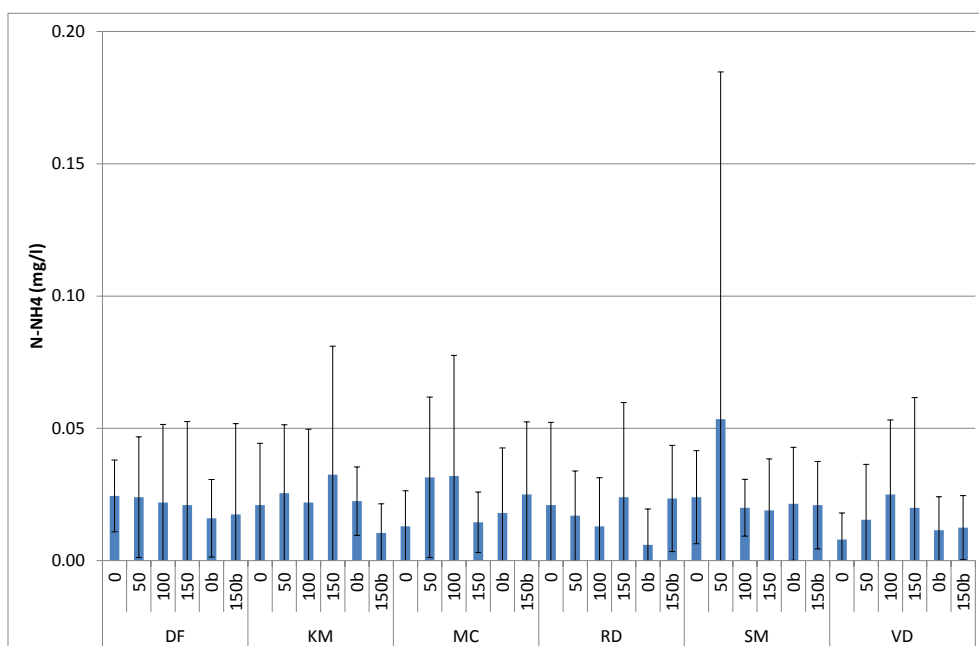
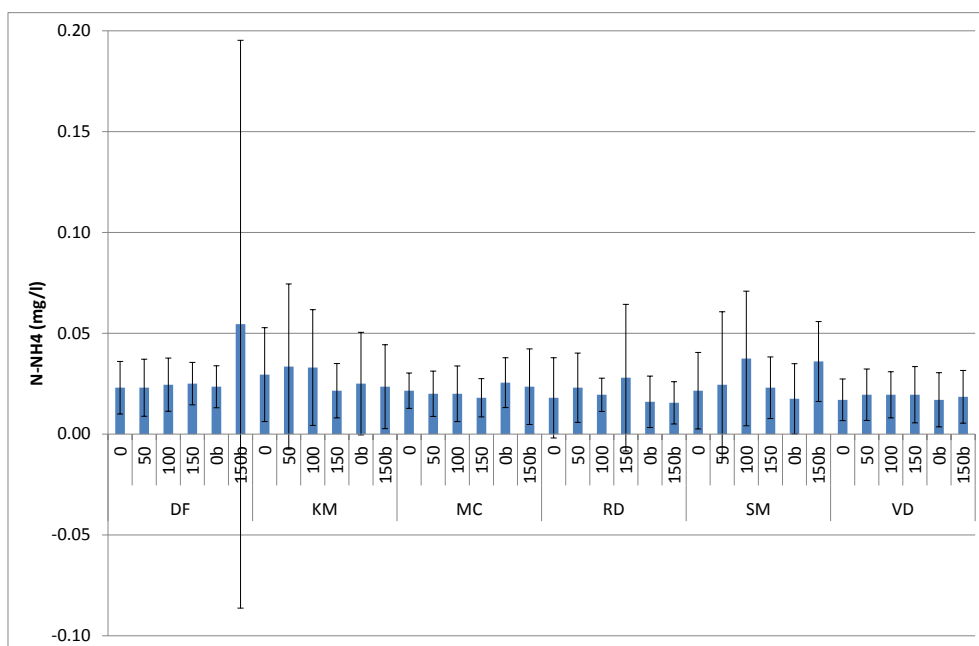
Bijlage 12. Gemiddelde N_{org} -concentratie (incl. standaardafwijking) per behandeling in mg N/l, in afhankelijkheid van mestsoort (RD=RDM, VD=VDM), mestgift en vanggewas (b=braak). Bovenste figuur geldt voor 2011, onderste figuur voor 2012.



Bijlage 13.

Gemiddelde ammoniumconcentratie (incl. standaardafwijking) per behandeling in mg N/l

Bijlage 13. Gemiddelde ammoniumconcentratie (incl. standaardafwijking) per behandeling in mg N/l, in afhankelijkheid van mestsoort (RD=RDM, VD=VDM), mestgift en vanggewas (b=braak). Bovenste figuur geldt voor 2011, onderste figuur voor 2012.



Bijlage 14.

Gemiddelde N_{ts} -concentratie (incl. standaardafwijking) per behandeling in mg N/l

Bijlage 14. Gemiddelde N_{ts} -concentratie (incl. standaardafwijking) per behandeling in mg N/l, in afhankelijkheid van mestsoort (RD=RDM, VD=VDM), mestgift en vanggewas (b=braak). Bovenste figuur geldt voor 2011, onderste figuur voor 2012.

