

Stikstofwerking van organische meststoffen op bouwland

-resultaten van veldonderzoek in Wageningen in 2010/2011-

Tussentijdse rapportage

J.J. Schröder¹, D. Uenk¹, W. de Visser¹, F.J. de Ruijter¹, F. Assinck², G.L. Velthof² & W. van Dijk³

¹ Plant Research International, Wageningen UR

² Alterra, Wageningen UR

³ Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Wageningen UR

Wageningen, mei 2011

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1. Inleiding
2. Materialen en methoden
3. Resultaten
4. Discussie
5. Voorlopige conclusie
6. Literatuur

Bijlagen

Voorwoord

De Meststoffenwet kent een zogenaamde stikstofwerking toe aan organische meststoffen. Die toekenning blijft de gemoederen bezig houden: een lage werking kan wijzen op een milieubelasting en de noodzaak om mestgiften dientengevolge te beperken, een hoge werking stelt hogere eisen aan het beheer van mest maar beperkt de noodzaak om met kunstmest aan te vullen. 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 Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit 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 BO 1202 en BO 1207, het onderzoek in het kader van de Pilot Mineralenconcentraten alsmede het Mestinnovatieonderzoek 2009-2010.

De auteurs

Samenvatting

De stikstofwerking van organische meststoffen afkomstig uit mestverwerking is in 2010 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), rundveestalmest (SM) en KAS-kunstmest (KM) op de opbrengst van snijmaïs bepaald. De gevonden stikstofwerkingen bedroegen voor MC 77% (forfaitair 100%), voor VDM 65% (forfaitair 70%), voor RDM 60% (forfaitair 60%), voor DF 64% (forfaitair 55%), voor SM 33% (forfaitair 55%) en voor SBDF 26% (forfaitair 40%). Vooral gevonden werkingen van MC, SM en SBDF blijven achter bij de wettelijke forfaits. De proef is er ook op gericht om het niet-werkzame deel van de stikstofgift nader te verklaren. Daartoe zijn waarnemingen na de oogst van de maïs voortgezet. Alle organische mesten, inclusief MC, lieten per kg toegediende werkzame N minder onbenutte minerale bodem-N achter dan kunstmest-N. Deze bodem-N bleek een goede voorspeller van de hoeveelheid nitraat in het bovenste grondwater.

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 (MC), untreated pig slurry (VDM), untreated cattle slurry (RDM), a solid fraction from separated pig slurry (DF), a solid fraction from separated digested sugar beet leaves (SBDF), common farm yard manure from cattle (SM) and mineral CAN fertilizer (KM), on the yield of silage maize has been assessed. The observed NFRV's amounted to 77% for MC (legal default 100%), 65% for VDM (legal default 70%), 60% for RDM (legal default 60%), 64% for DF (legal default 55%), 33% for SM (legal default 55%) and 26% for SBDF (legal default 40%). The observed NFRV's for MC, SM and SBDF in particular, are considerably lower than the legal default values. As the experiment intends to elucidate the fate of the non-recovered nitrogen as well, observations were continued after the harvest of maize. All manures, including MC, left less soil mineral N per kg plant-available N than mineral fertilizer N. This soil mineral N showed to be a good predictor of nitrate in the upper groundwater.

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 van 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 groeiseizoen'), of een artefact is van de toekenning van een onnodig lage NWC. Het laatste kan leiden tot hoge mestgiften dan wel aanvullingen met kunstmest-N die de gewasopbrengst niet verder verhogen maar het milieu wel belasten (Van Dijk & Schröder, 2008). 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 mestbewerkingstechnieken. 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 aaneengeschakeld worden met effectieve vanggewassen.

Wat betreft bouwland, overweegt het Nederlandse 4^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn (2010-2013) om de gebruiksnorm voor dierlijke mest op zand- en lössgrond verder te beperken (Anonymus, 2009). Een definitief besluit hierover zal zijn beslag krijgen in het 5^e Actieprogramma (2014-2017). Alvorens een dergelijk besluit genomen kan worden zal eerst moeten worden onderzocht of de belasting van waterlichamen (op zand- en lössgrond voornamelijk grondwater) inderdaad 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 Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit heeft opdracht gegeven een dergelijk onderzoek in 2010 uit te voeren in het kader van Beleidsondersteunende Onderzoeksprogramma's (BO 1202 en BO 1207).

2. Materialen en methoden

2.1. Algemeen

In het voorjaar van 2010 is in Achterberg een bouwlandproef aangelegd. De proef is gelegen op een vergraven gooreerdgrond bestaande uit zwak lemig, matig fijn zand met een grondwatertrap VI_o (de GHG tussen 40 en 80 cm-mv, de GLG tussen 120-180 cm-mv). Op het perceel zijn in 2006, 2007, 2008 en 2009, achtereenvolgens, snijmaïs, suikerbieten, zomergerst en snijmaïs 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 splijtfactor (voor schema, zie Bijlage 1). Tot de onderzochte mestsoorten behoorden onder meer 'mineralenconcentraat (MC)' en 'dikke fractie (DF)' afkomstig van van installaties die deel uitmaken van de Pilot Mineralenconcentraten. 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. Uit recent onderzoek is gebleken dat een dergelijke dunne fractie een N-werking van 80% heeft (Schröder et al., 2008). De verschillende mestsoorten zijn verder gedoseerd op basis van voorlopige analyses van de N-totaal concentratie (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)	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	115	47	87	127	3,2	5,5
30-60	0,075	58	22	81	95	2,2	5,4

Tabel 2. Behandelingen in de proef: mestsoorten, Nm/Ntot verhouding in voorlopig monster, de N-werkingscoëfficiënt (NWC, %) die gehanteerd is bij het instellen van de werkzame N giften, en de N-dosering (kg N-totaal per ha).

Mestsoort		Nm/Ntot	NWC	Werkzame N, kg/ha			
Volledige naam	Code			0*	50	100	150*
Kunstmest	KM	1,00	100	0	50	100	150
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 vanggewas

**in afwijking van de wettelijke forfaitaire NWC van 100%

Tabel 3. Mestsamenstelling van voorlopig monster op basis waarvan de productdoserings (kg versgewicht per ha) is vastgesteld

Mestsoort	Samenstelling (g/kg vers)							
	Drogestof	Organ. stof	Ntot	Nm	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O
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

Tabel 4. Breedwerpig aanvullende K-giften (kg K₂O per ha)

Mestsoort	Werkzame N, kg/ha			
	0*	50	100	150*
KM	400	400	400	400
MC	400	300	200	100
VDM	400	400	300	300
RDM	400	300	200	100
DF	400	400	300	300
SM	400	300	100	0
SBDF	-	300	-	-

*deze behandelingen zijn ook aangelegd in een variant zonder vanggewas

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 een rijenbemesting met TSP toe te dienen. 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).

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) 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

Activiteit		Datum
Mesttoedieningen	Vaste stalmest (SM)	21 april
	Dikke fractie (DF)	28 april
	Dikke fractie suikerbietenloof (SBDF)	21 april
	Dunne mesten (RDM, VDM, MC)	26 april
	Inwerken SM, DF, SBDF	28 april
Ploegen		29 april
	Kunstmest K ₂ O	28 april
	Kunstmest P ₂ O ₅	4 mei
	Kunstmest N	7 mei
Zaaien	Ras LG 30218 met 103.000 zaden per ha	4 mei
Oogst snijmaïs		20 september
Inzaai vanggewas (rogge)	Ras Admiraal, 200 kg per ha	23 september
Opbrengstbepaling vanggewas		

2.2. Gewas en bodem

De opbrengst van de snijmaïs is op 20 september 2010 bepaald. Het veldje werd daartoe geoogst 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 bij het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek in Oosterbeek.

Verder zijn jaarlijks 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 door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek in Oosterbeek.

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:

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

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

De bovenstaande berekeningen zijn betrokken op de opbrengsten van alleen de snijmaïs. Volgens plan zouden de berekeningen in tweede instantie ook betrokken worden op de gesommeerde opbrengsten van snijmaïs en vanggewassen om te kunnen beoordelen of de berekende N-werking van mest toeneemt met de 'lengte van het groeiseizoen'. In het voorjaar

van 2011 bleek de groei van rogge te gering om een betrouwbare opbrengstbepaling uit te kunnen voeren en moest van het aanvankelijke plan worden afgeweken.

Uit de voorgaande berekeningen van ANR en ANE kan de NWC van de verschillende organische meststoffen berekend:

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

en

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

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.

2.3. Groeiomstandigheden 2010

De groeiomstandigheden voor de snijmaïs waren in 2010 qua temperatuur vergelijkbaar met het meerjarig gemiddeld. Het voorseizoen (1 april – 30 juni) was droger en het naseizoen (1 juli – 30 september) natter dan normaal (Tabel 6).

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

Kenmerk	Periode	2010-2011	Normaal*
Temperatuur, °C	1 april – 30 juni	12,1	12,1
	1 juli – 30 september	16,8	16,3
	1 oktober – 31 december	5,0	6,8
	1 januari – 31 maart	4,7	3,9
Neerslag, mm	1 april – 30 juni	108	178
	1 juli – 30 september	344**	200
	1 oktober – 31 december	196	235
	1 januari – 31 maart	174	180

*1971-2000

** exclusief 24 en 25 mm berekening op 9 en 10 juli

2.4 Grondwaterbemonstering 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.

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

Mestsoort	Samenstelling (g/kg vers)							
	Drogestof	Org. stof	Ntot	Nm	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O
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

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

Mestsoort	Giften (kg/ha)							
	Org. stof	N-totaal	Nm	Norg	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O
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

3.2 Bodem en gewas

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 die oogst, zijn daarom het gemiddelde van de waarnemingen van veldjes waarop dat onderscheid pas later gaat spelen.

Het proefveld bevatte bij aanvang de gebruikelijke (geringe) hoeveelheid minerale N in de bovenste 30 cm van de bodem met weinig verschil tussen de blokken. De laag daaronder (30-60 cm) was iets rijker aan minerale N dan doorgaans het geval is (Tabel 9).

Tabel 9. Hoeveelheid minerale bodem N (kg per ha) in het voorjaar (juni 2010), voorafgaand aan de bemesting, in relatie tot mestsoort en geschatte werkzame N-gift

Laag	Blok				Gemiddeld
	I	II	III	IV	
0-30	31	41	34	38	36
0-60	86	75	78	67	77

Na de oogst werd 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.

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

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 11) bleek de waargenomen rangorde goed overeenkwam met forfaitaire rangorde. 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 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.

Tabel 11. Forfaitaire en waargenomen werkingscoëfficiënt (NWC, kg N per 100 kg N-totaal toegediend) van organische mest, in afhankelijkheid van basis (ANE, ANR) en N-gift (Wageningen, 2010)

Mestsoort	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	80	89	82	75	82	63	70	81	71	<u>77</u>	
VDM	70	55	75	79	70	43	62	74	60	<u>65</u>	
RDM	60	42	86	60	62	43	71	60	58	<u>60</u>	
DF	55	67	65	74	68	60	55	62	59	<u>64</u>	
SM	55	26	38	44	36	22	32	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

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.

3.3 Grondwaterbemonstering

Grondwaterstand

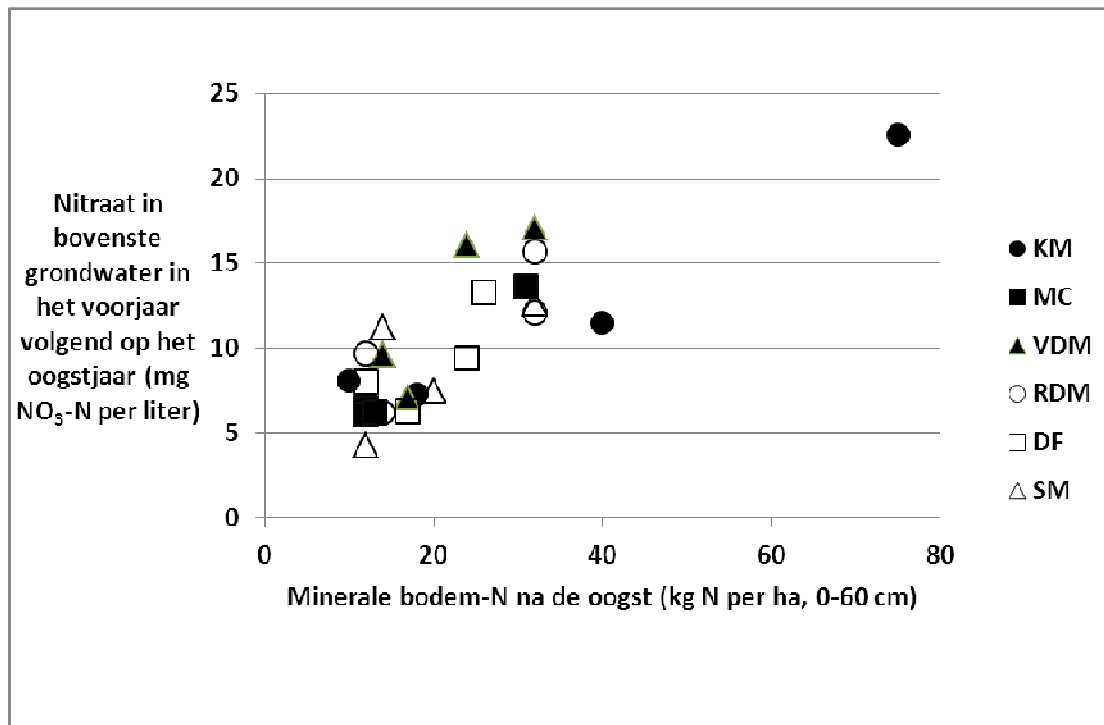
De gemiddelde grondwaterstand bedroeg 94 cm-mv. Binnen het perceel varieerde de grondwaterstand tussen 85 en 106 cm-mv. Tijdens de bemonstering van de eerste drie herhalingen was de gemiddelde grondwaterstand gelijk (in cm-mv). Tijdens de bemonstering van de laatste herhaling (5 dagen later) was de grondwaterstand 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 12 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 1) met de hoeveelheid minerale bodem-N die in het voorgaande jaar na de maïsoogst waren aangetroffen (Tabel 10).

Tabel 12. Gemiddelde nitraatconcentratie (mg N-NO₃ per liter) per behandeling

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 (<i>P</i> <0,05)	4,2					



Figuur 1. Verband tussen minerale bodem-N na de oogst van de snijmaïs (september 2010) en de nitraatconcentratie van het bovenste grondwater in het daarop volgende voorjaar (april 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 (NH_4 -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.

4. Discussie

De stikstofwerking van organische meststoffen afkomstig uit mestverwerking is in 2010 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), rundveestalmest (SM) en KAS-kunstmest (KM) op de opbrengst van snijmaïs bepaald. De gevonden stikstofwerkingen bedroegen voor MC 77% (forfaitair 100%), voor VDM 65% (forfaitair 70%), voor RDM 60% (forfaitair 60%), voor DF 64% (forfaitair 55%), voor SM 33% (forfaitair 55%) en voor SBDF 26% (forfaitair 40%). Vooral de gevonden werkingen van MC, SM en SBDF blijven achter bij de wettelijke forfaits. 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. De hoeveelheid ongebruikte N per eenheid toegediende werkzame N was zelfs geringer bij organische mesten, inclusief het mineralenconcentraat, dan bij kunstmest. Ditzelfde verschijnsel werd ook weerspiegeld in de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Deze geringere relatieve uitspoeling kan een gevolg zijn van andere verliesroutes, het optreden van vroege uitspoeling voorafgaand aan de bepaling van de minerale bodem-N of nitraat in het grondwater, of (tijdelijke) vastlegging.

De gevonden stikstofwerkingen kunnen gebruikt worden om modelmatig te voorspellen welke invloed het gebruik van een bepaalde mest heeft op de uitspoeling van nitraat naar het grondwater voor een gemiddeld (regionaal) bouwplan. Dit is gebeurd met het model als beschreven in Van Dijk & Schröder (2007). Dit model (versie 6 mei 2011) kan ook gebruikt worden om te berekenen welke korting op stikstofgebruiksnormen nodig is om aan de vereiste nitraatconcentratie te voldoen. De berekeningen beperken zich tot mineralenconcentraat (MC) en varkensdrijfmest (VDM). Hun effecten zijn vergeleken op basis van eenzelfde stikstofdosering (0 en 100 kg N per ha, met maximaal 58 kg P₂O₅ per ha). De opgelegde stikstofwerkingen bedragen 90% en 100% voor MC en 70% of 80% voor VDM. De uitkomsten staan vermeld in Tabel 13. De berekeningen bevestigen dat de benodigde korting op de gebruiksnorm minder of zelfs onnodig is naarmate een meststof feitelijk werkzamer is (KM>MC>VDM) of, al dan niet terecht, een hogere werking krijgt toegekend. Daarbij is overigens aangenomen dat eenzelfde N-overschot, ongeacht de aard, tot eenzelfde N-uitspoeling leidt. Metingen van de residuaire minerale bodem-N en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater, geven echter aanwijzingen dat het hogere N-overschot behorend bij eenzelfde hoeveelheid werkzame N in de vorm van organische mest, op dit proefveld niet tot een grotere hoeveelheid uitspoeling leidde.

Tabel 13. Voorspelde nitraatconcentratie (NO₃-N) in bovenste grondwater op zandgrond bij bemesting volgens ongekorte stikstofgebruiksnorm 2012-2013, dan wel de voorspelde benodigde korting op die gebruiksnorm van de zogenaamde uitspoelingsgevoelige gewassen, om te kunnen voldoen aan de vereiste nitraatconcentratie, in afhankelijkheid van mestsoort, opgelegde stikstofwerkingscoëfficiënt (NWC, %) en mestgift (naar Van Dijk & Schröder, 2007).

Uitgangspunt:					Uitkomst:				
Mestgift (kg/ha):	Mestsoort*	NWC (%)	Korting op gebruiksnorm (%)	NO ₃ -N (mg/l)	Rel. N opbrengst (%)	Mestgift (kg P ₂ O ₅ /ha)	Korting op gebruiksnorm (%)	NO ₃ -N (mg/l)	
N									
0	n.v.t.	n.v.t.	0		100			10,2	
100	MC	80	0		100	17		11,6	
100	MC	90	0		100	17		10,5	
100	MC	100**	0		100	17		9,4	
100	VDM	60	0		100	58		15,5	
100	VDM	70**	0		100	58		14,2	
100	VDM	80	0		100	58		12,5	
0	n.v.t.	n.v.t.		11,3	100	0	0		
100	MC	80		11,3	100	17	2		
100	MC	90		11,3	99	17	0		
100	MC	100**		11,3	96	17	0		
100	VDM	60		11,3	94	58	31		
100	VDM	70**		11,3	94	58	23		
100	VDM	80		11,3	94	58	14		

*MC = mineralenconcentraat (Nm/Not = 0,95; N/P₂O₅ = 17), VDM = onbewerkte varkensdrijfmest (Nm/Not = 0,58; N/P₂O₅ = 1,71)

**huidige wettelijke forfaits

Dit rapport vormt een tussenstand. De proef zal in 2011 worden herhaald op hetzelfde perceel, inclusief uitspoelingsmetingen (2011-2012). In het voorjaar van 2012 volgt een definitief rapport met eindconclusies.

5. Voorlopige conclusie

De N-werking van het gebruikte mineralenconcentraat (MC) was aanmerkelijk lager dan verwacht op grond van zijn samenstelling en op grond van de waargenomen 'normale' N-werking van onbewerkte drijfmesten die ter vergelijking in de proef waren meegenomen. De N-werking van de gebruikte dikke fractie uit mestscheiding (DF) was aanmerkelijk hoger dan verwacht.

6. Literatuur

Dijk, W. van & J.J. Schröder, 2008. Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouw op zand- en loessgrond bij verschillende uitgangspunten. Rapport 371, PPO Lelystad, 78 pp.

- 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., D. Uenk & J.C. van Middelkoop, 2008. N-werking van de dunne fractie van gescheiden drijfmest. Resultaten proefveld Wintelre 2007. Nota 506, Plant Research International, Wageningen, 22 pp.
- 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.

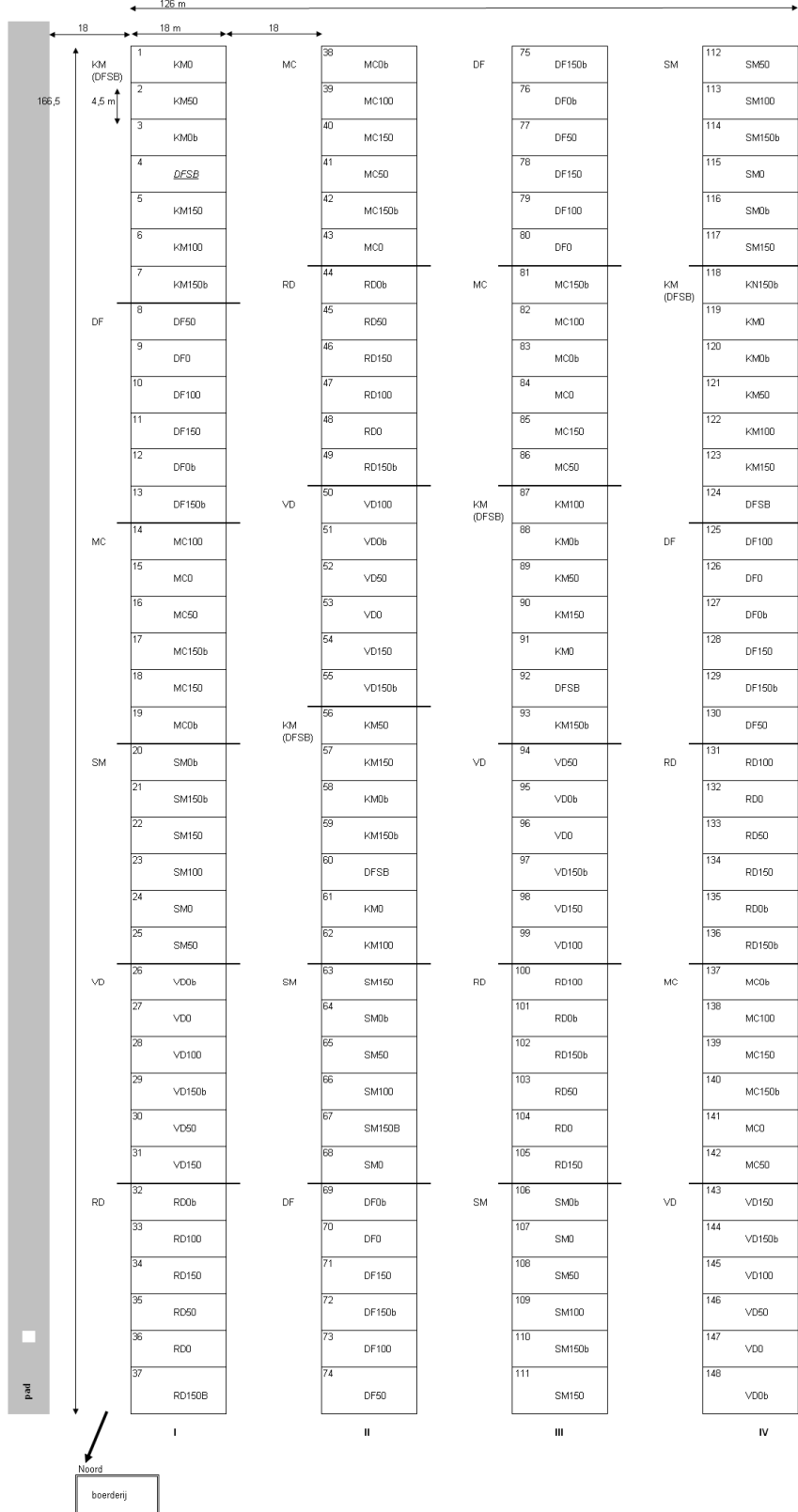
Bijlage 1, Proefveldschema

N-werking, -benutting en -verlies van organische mest in relatie tot samenstelling en het gebruik van een wintergewas na snijmais

project: 3310 3878 10 (Jaap Schröder, tel 0317 460 578)

toetsgewas 2010: snijmais (ras LG30218) gevolgd, met uitzondering van objecten met code b(braak), door winterrogge

objecten: -mestsorten: KM (kunstmest-N, KAS), MC (mineralenconcentraat), VD (varkensdrijfmest), RD (rundveedrijfmest), DF (dikke fractie na mestscheiding)
 SM (verse stalrest), DFSB (dikke fractie van suikerbietenloof)
 -doseringen: 0, 50, 100 en 150 kg werkzame-N per ha, geschat op basis van verwachte N-werkingen (bij DFSB alleen dosering 50 werkzame N)
 -duur N-opnameseizoen: waar 0 of 150 kg werkzame N per ha is gegeven wordt ook een variant aangelegd waarbij het opnameseizoen ingekort is door geen wintergewas (b(braak)) te zaaien



Bijlage 2. 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 3. 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 4. 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 5. 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 6. 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 7. Fosfaatopbrengst van snijmaïs (kg P_2O_5 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 8. 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 9. Apparent N recovery in snijmaïs (kg N per kg N-totaal) in afhankelijkheid van de geschatte* hoeveelheid werkzame N en de mestsoort (Wageningen, 2010)

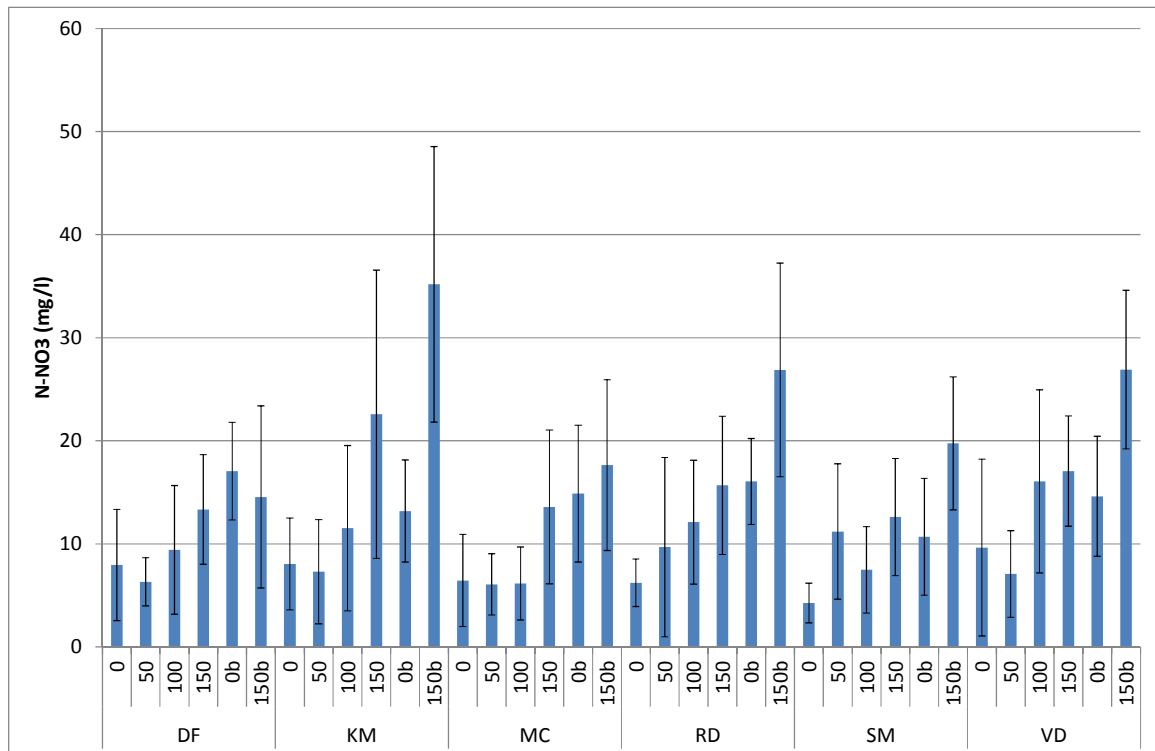
Mestsoort	Geschatte werkzame N, kg/ha		
	50	100	150
KM	0,91	0,67	0,58
MC	0,57	0,47	0,47
VDM	0,40	0,41	0,43
RDM	0,39	0,48	0,35
DF	0,54	0,37	0,35
SM	0,20	0,22	0,21
SBDF	0,20	-	-

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

Bijlage 10. Gemiddelde grondwaterstand (incl. standaardafwijking) per herhaling in cm-mv. De rode lijn geeft het gemiddelde weer.



Bijlage 11. Gemiddelde nitraatconcentratie (incl. standaardafwijking) per behandeling in mg N per liter.



Bijlage 14. Gemiddelde N_{ts} -concentratie (incl. standaardafwijking) per behandeling in mg N/l.

