

# Dosering van drijfmest en vloeibare kunstmest in één werkgang met de zodebemester-PPL

Vergelijking van drie vloeibare meststoffen

Gertjan Holshof (WLR)  
Willem van Geel (PPO-agv)  
Hanja Slabbekoorn (PPO-agv)

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroente.

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

Dit onderzoek is uitgevoerd door PPO-AGV en Livestock Research van Wageningen UR in opdracht van **Landbouwcommunicatie** en **Slotsmid** en gefinancierd vanuit het **Programma Precisie Landbouw**

Projectnummer: 32 502 163 00

## Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroente

Adres : Postbus 430, 8200 AA Lelystad  
: Edelhertweg 1, 8219 AK Lelystad  
Tel. : +31 320 29 11 11  
Fax : +31 320 23 04 79  
E-mail : [info.ppo@wur.nl](mailto:info.ppo@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

## Wageningen UR Livestock Research

Adres : Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
: Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad  
Tel. : +31 320 23 82 38  
Fax : +31 320 23 80 50  
E-mail : [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
Internet : [www.livestockresearch.wur.nl](http://www.livestockresearch.wur.nl)

# Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING .....	7
1.1 Afbakening .....	7
2 MATERIAAL & METHODE .....	9
2.1 Meststoffen en toediening .....	9
2.2 Methoden.....	9
2.3 Waarnemingen.....	11
2.4 Statistische analyse .....	11
3 RESULTATEN .....	13
3.1 Toegepaste meststoffen en giften.....	13
3.2 Weersomstandigheden.....	14
3.3 Opbrengst.....	15
4 DISCUSSIE & CONCLUSIES .....	19
LITERATUUR.....	21
BIJLAGE 1. ANOVA DS OPBRENGSTEN.....	23



# Samenvatting

In opdracht van Slootsmid en Landbouwcommunicatie BV hebben PPO-AGV en Wageningen Livestock Research een veldproef op grasland uitgevoerd om een door de opdrachtgever ontwikkelde mesttoedieningsmachine te testen op grasland. De ontwikkelde machine maakt het mogelijk om vloeibare kunstmeststoffen (N-houdende, maar ook andere) in één werkgang in combinatie met drijfmest toe te dienen. De machine wordt door de opdrachtgever als zodebemester-PPL aangeduid.

De achterliggende gedachte achter de ontwikkeling is dat in de toekomst mogelijk meer restproducten uit diverse processen beschikbaar komen die als N-meststof of als aanvullende meststof voor andere mineralen kunnen dienen. Wanneer deze reststoffen dan tevens net zo goed werken als de bestaande (N-)meststoffen én in één werkgang gecombineerd kunnen worden toegediend, is dit zowel milieutechnisch als economisch interessant.

Doel van het onderzoek was het testen van deze specifieke apparatuur (zodebemester-PPL) om drijfmest en N uit reststromen precies en emissiearm toe te dienen en het vergelijken van de werking van meststoffen uit reststromen toegepast met deze machine om kunstmest N te vervangen op grasland. In dit onderzoek is gekeken of het goed mogelijk is een praktijkdosering netjes in combinatie met runderdrijfmest toe te dienen aan grasland en daarnaast of het gebruik van de restproducten spui loog (uit luchtwassers) en mineralenconcentraat (MC, de geconcentreerde dunne fractie na mestscheiding) vergelijkbaar is met de werking van een reguliere, vloeibare N-meststof (urean) op basis van droge-stofopbrengst van het grasland.

De proef is aangelegd als maiproef in een tweede snede grasland, op een perceel op de Waiboerhoeve. De mest is aan alle objecten op 1 juni 2011 gelijktijdig toegediend in combinatie met 15 m<sup>3</sup> rundveedrijfmest per ha. Er zijn 2 N-niveaus aangelegd van 100% advies (90 kg N/ha) en 65% van dit advies (58 kg N/ha), waarbij vooraf rekening is gehouden met een aanvoer van 16 kg werkzame N/ha uit de drijfmest.

Voor aanleg is het perceel 2 keer gemaaid en in het voorjaar licht bemest met 50 kg N/ha.

Na toediening van de meststoffen zijn 2 sneden geoogst. De tweede snede is niet opnieuw bemest en is geoogst om eventuele nawerking te bepalen van de meststoffen. De veldjes zijn geoogst met een proefveldmaaier, waarna de droge-stofopbrengst is bepaald.

De proef is opgezet als split-plot proef en geanalyseerd met variantie analyse (ANOVA) op droge-stofopbrengstverschillen.

Het bleek dat het goed mogelijk is om vloeibare kunstmeststof (inclusief spui loog) in combinatie met drijfmest toe te dienen met de zodebemester-PPL, waarbij de dosering van de vloeibare kunstmest en de drijfmest afzonderlijk van elkaar kunnen worden ingesteld. Het was met de gebruikte machine niet mogelijk om grote hoeveelheden (>1,4 m<sup>3</sup> per ha) van laag-geconcentreerde vloeibare N-meststoffen zoals mineralenconcentraat toe te dienen. Daarvoor zou de capaciteit van de pomp voor de vloeibare kunstmeststoffen (een slangenpomp) op de zodebemester-PPL moeten worden verhoogd.

De werking van spui loog was goed, zelfs beter dan die van urean. Spui loog lijkt goed geschikt om als N-meststof(vervanger) in combinatie met drijfmest te worden toegepast met de zodebemester-PPL.

De nawerking van alle 3 gebruikt meststoffen was gelijk en leek laag in dit onderzoek.

Er is alleen gekeken naar droge-stofopbrengsten, waardoor geen uitspraak kan worden gedaan over de N-werking(scoëfficiënt) van de toegepaste meststoffen.



# 1 Inleiding

Het gebruik van reststromen uit bijvoorbeeld het opwerken van meststoffen, maar ook andere reststromen die voor de plant bruikbare elementen bevatten (bijvoorbeeld spuihoog uit luchtwassers) zal in de toekomst verder toenemen. Uit oogpunt van hergebruik van (grond)stoffen wordt hier vanuit de politiek dan ook extra aandacht aan besteed.

De partijen Slootsmid en Landbouwcommunicatie BV hebben gekeken of er mogelijkheden bestaan om vloeibare en voor de landbouw bruikbare reststromen in één werkgang te kunnen toedienen in combinatie met drijfmest. Hiervoor hebben zij een speciale machine, de zgn. zodebemester-PPL ontwikkeld. Het gaat hierbij om een praktisch zodebemester waarop als uitbreiding een slangenpomp is gemonteerd om vloeibare meststoffen in één werkgang met de drijfmest te kunnen toedienen. De vloeibare meststof wordt via slangetjes naar de mestkouters geleid en komt daar samen met de drijfmest in de door de kouters gemaakte mestsleufjes terecht (zie figuren 1 en 2). De dosering van drijfmest en van de vloeibare kunstmest kunnen afzonderlijk van elkaar worden ingesteld.

Om het perspectief van deze machine en gecombineerde toediening te toetsen is een pilot veldproef opgezet op een perceel grasland op de Waiboerhoeve. Doel van het onderzoek was het testen van de specifieke apparatuur (zodebemester-PPL) om drijfmest en N uit reststromen precies en emissiearm toe te dienen en het vergelijken van de werking van meststoffen uit reststromen toegepast met deze machine om kunstmest N te vervangen op grasland. Daartoe is in deze veldproef de (N-)werking van de gecombineerde toepassing van drijfmest en reststromen vergeleken met die van drijfmest met vloeibare kunstmest (urean). De werking van de meststoffen is gebaseerd op droge-stofopbrengsten.

Het onderzoek is bekostigd door het Programma Precisie Landbouw. In dit programma investeren het landbouwbedrijfsleven en het ministerie van EL&I in hulpmiddelen en voorwaarden voor innovatieve Controlled Traffic, Bemesting en Gewasbescherming.

## 1.1 Afbakening

Omdat deze proef als pilot is opgezet, geven de resultaten slechts een eerste indruk en dienen vooral om het perspectief van de machine en het gecombineerd toedienen van reststromen als meststof te bekijken, maar de resultaten zijn nog niet breed vertaalbaar.

Het onderzoek is uitgevoerd op een perceel blijvend grasland op kleigrond. Dit perceel grasland werd gedomineerd door Engels Raaigras (*Lolium perenne* L.) en rietzwenkgras (*Festuca arundinacea* Schreb L.), bevatte bij aanvang van de proef geen zichtbare klaver en werd als praktijkperceel alleen gemaaid. Het perceel ligt op de Waiboerhoeve te Lelystad. De proefduur was twee sneden (snede 2 en snede 3). De uitkomsten zijn derhalve beperkt vertaalbaar naar algemeen geldende regels (meerdere jaren, sneden en grondsoorten) en volledige groeiseizoenen. In de proef zijn alleen droge-stofopbrengsten bepaald en geen N-opbrengsten en er zijn geen onbemeste velden aanwezig. Dit betekent dat de resultaten alleen relatief t.o.v elkaar kunnen worden vergeleken en dat geen 'echte' N-werkingscoëfficiënten kunnen worden uitgerekend.



Figuur 1. **Uitrijden vloeibare meststoffen in combinatie met drijfmest met de zodebemester-PPL.**



Figuur 2. **Detailfoto mestinjecteur.**



## 2 Materiaal & Methode

### 2.1 Meststoffen en toediening

In overleg met de opdrachtgever zijn de volgende vloeibare meststoffen in combinatie met drijfmest toegepast:

- spui loog
- mineralenconcentraat (MC)
- urean (kunstmest).

#### **Hoogte van de N-gift**

Het N-advies voor de 2<sup>e</sup> snede was 90 kg N/ha. In de proefopzet is gekozen voor het toedienen van 2 N-niveau's: 100% van dit advies en 65% van dit advies, resp. 90 kg N/ha en 58 kg N/ha. De zodebemester PPL kan 2 giften in 1 werkgang afgeven (het linker en rechter afgiftedeel zijn te scheiden), waardoor in één werkgang 2 objecten konden worden bemest.

Bij beide N-niveau's is 15 m<sup>3</sup> runderdrijfmest (RDM) per ha toegediend. Op het moment van toediening was er nog geen recente analyse van de RDM beschikbaar. Op basis van de laatste, beschikbare analyse (augustus 2010) is uitgegaan van een N-gehalte van 2,2 Nmin en 2,0 Norg. Met een gift van 15 m<sup>3</sup> zou dan ongeveer 16 kg Nwerkzaam/ha toegediend worden (op basis van 44% werking Nmin en 6% werking Norg; Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen).

Dit betekent dat voor het 65% niveau (in het verdere verslag aangeduid met 65% N) 42 kg N-mineraal/ha met spui loog/urean/MC is aangevuld en voor het 100% niveau (100% N) is 74 kg N-mineraal/ha aangevuld.

#### **Spui loog**

Het spui loog was afkomstig uit een chemische luchtwasser, bevatte volgens opgave 8% N en had een soortelijk gewicht (s.g.) van 1,2 g/l. De stikstof bestaat volledig uit ammonium-N.

#### **MC**

Het N-gehalte van het gebruikte mineralenconcentraat (MC) was bij aanvang van de proef bekend (op basis van een analyse van de partij die ook gebruikt is in een andere proef). Het percentage ammonium-N in het mineralenconcentraat (MC) was 0,91% en het percentage N-org was nihil. MC bevat geen nitraat-N.

#### **Urean**

Urean had een N-percentage van 30 gewichtsprocent en een s.g. van 1,32 g/l. Dit product bevat dan 39,6 kg N per 100 liter. De stikstof bestaat voor 50% uit ureum, 25% uit ammonium-N en 25% uit nitraat-N.

#### **Levering van de meststoffen**

De drijfmest is betrokken van de Waiboerhoeve. Het MC is verkregen van Kumac. Het spui loog is beschikbaar gesteld door Mestac en is geleverd door CZAV te Dinteloord.

### 2.2 Methodes

In de veldproef met vier herhalingen is de stikstofwerking vergeleken van:

- RDM in combinatie met urean (30% N; 39,6 kg N/100ltr);
- RDM in combinatie met mineralenconcentraat (0,91% N);
- RDM in combinatie met Spui loog (8% N).

De werking is in een maai proef getest op een perceel blijvend grasland (> 2 jaar) op een jonge zee klei op de Waiboerhoeve. Het is een praktijk perceel dat in de voorgaande jaren alleen is gemaaid. Hierdoor zijn geen na-effecten van oude urine- of mestplekken te verwachten. Het perceel werd gedomineerd door een homogeen grasmat bestaande uit Engels raigras en rietzwenkgras.

De proef is aangelegd nadat de eerste snede is geoogst. De eerste snede is geoogst op 29 april bij ongeveer 3 ton d.s./ha om hergroei- en vertraging te voorkomen. De eerste snede is vooraf licht (max. 50 kg N/ha) bemest om N-nawerking te voorkomen.

De eerste snede blijkt te vroeg te zijn gemaaid om de vervolgsnede al te bemesten, want de zodebemester-PPL was nog niet aanwezig. Daarom is enkele dagen voor het bemesten het veld eerst voorgemaaid; het gemaaid gras is daarna afgevoerd. Na voormaaien is het veld uitgezet en zijn de randen gespoten.

Na het uitzetten zijn op 1 juni de meststoffen per object toegediend. De geplande hoeveelheid was 90 kg N voor de 100% N objecten en 58 kg N voor de 65% N objecten.

Alle objecten kregen als basis 15 m<sup>3</sup> RDM (geschat: 16 kg Nwz/ha). De basisgift is tijdens toediening in 1 werkgang met de zodebemester-PPL aangevuld met de hoeveelheden die zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. **Toe te dienen hoeveelheid meststof (per ha) op basis van vooraf ingeschatte N gehalten.**

Meststof	100% N	65% N
MC	7,86 m <sup>3</sup>	4,45 m <sup>3</sup>
Spuihoog	768 liter	435 liter
Urean	186 liter	105 liter

Totaal zijn twee sneden geoogst en bemonsterd (opbrengst- en d.s.-bepaling): de snede direct na toediening (2<sup>e</sup> snede) op 20 juli en de daarop volgende snede (3<sup>e</sup> snede) op 31 augustus. Bij alle objecten is de 2<sup>e</sup> snede gemaaid bij een geschatte opbrengst van ongeveer 3000 kg d.s./ha op de 100% N objecten.

Tabel 2. **Proefveldschema.**

Veld nr	Meststof				% N t.o.v. advies	Herhaling
	Runderdrijfmest	Urean	Spuihoog	Mineralenconcentraat		
1	x	x			65	1
2	x	x			100	1
3	x			x	65	1
4	x			x	100	1
5	x		X		65	1
6	x		X		100	1
7	x	x			100	2
8	x	x			65	2
9	x		X		65	2
10	x		X		100	2
11	x			x	100	2
12	x			x	65	2
13	x			x	65	3
14	x			x	100	3
15	x		X		100	3
16	x		X		65	3
17	x	x			100	3
18	x	x			65	3
19	x			x	65	4
20	x			x	100	4
21	x	x			65	4
22	x	x			100	4
23	x		X		100	4
24	x		X		65	4

Omdat de 65% N en 100% N toediening in 1 werkgang met 1 machine werd toegediend, is gekozen voor een split-plot proef. Het proefveldschema is in tabel 2 weergegeven. De grootte van een plot was bruto 3 x 10 m en netto 1,5 x 10 m.

De toe te dienen meststoffen zijn binnen de herhaling geloot over de veldjes, waarbij per meststof steeds 2 veldjes zijn gereserveerd (65% N en 100% N). Door afwisselend van een zijde een proefveld te bemesten is variatie geloot in de verdeling 65-100 (daarom komt niet steeds 65-100, 65-100 per meststof in het overzicht terug, maar liggen er soms 2 65% N of 2 100% N-giften naast elkaar). Hierdoor is de split-plot opzet gestalte gegeven.

Alle objecten kregen een aanvulling met fosfaat en kali, afhankelijk van de hoeveelheid P en K die met de meststoffen is toegediend. Er is nauwelijks fosfaat gegeven met de gekozen meststoffen. Alle objecten hebben daarom eenzelfde gift van 45 kg  $P_2O_5$ /ha (100 kg tripelsuperfosfaat per ha) gekregen. Er is van te voren geschat dat met het mineralenconcentraat 88 kg  $K_2O$  per ha zou worden toegediend bij het 100%N-object (en dus 49 kg  $K_2O$  per ha bij het 65%N-object). Bij de objecten met spuiwater en urean is 90 kg  $K_2O$  per ha toegediend in de vorm van Kali-60. In combinatie met de RDM was dit voldoende. Het 65%N MC object is niet aangevuld tot 90 kg  $K_2O$ , maar dit heeft niet geleid tot een K tekort (zie paragraaf 3.1). Het tripelsuperfosfaat en kalizout 60 zijn op 1 juni gestrooid, vlak voor de bemesting met de zodebemester-PPL.

## 2.3 Waarnemingen

In de eerste opzet is uitgegaan van de oogst van twee sneden (de sneden 2 en 3 van het grasland). De proefveldjes werden dus twee keer geoogst. De eerste oogst was als tweede snede gepland bij 3000 kg d.s. per ha (rond half juni), maar is door de vertraging in het voorjaar eigenlijk een derde (of 2 plus) snede geworden, omdat tussen de oogst van snede 1 (praktijksnede) en de aanleg van de proef, het proefveld nogmaals is voorgemaaid, maar wel bij een heel lichte opbrengst (<1000 kg d.s./ha). De volgende oogst (derde snede) was gepland bij 2500 kg d.s. per ha (of na vijf tot zes weken hergroei, afhankelijk van de groeiomstandigheden).

Bij oogst zijn de veldjes gemaaid met de Haldrup volgens de standaardprocedures. Per veldje is de opbrengst bemonsterd voor bepaling van het droge-stofgehalte. Het droge-stofgehalte is bepaald door een vers monster in te wegen, 48 uur te drogen bij 70°C, en terug te wegen. De gedroogde monsters zijn in eerste instantie opgeslagen in een gelabelde plastic zak, zodat de opdrachtgever mogelijk nog een N-bepaling kan uitvoeren.

## 2.4 Statistische analyse

De proefgegevens zijn geanalyseerd met het statistische pakket Genstat (Genstat 13<sup>th</sup> edition) d.m.v. een variantie analyse (ANOVA). Omdat gekozen is voor een split-plot proef is de (blok)structuur in ANOVA: herh/plot/subplot. De plot staat voor de loting van de toegepaste meststof en de subplot voor de verloting van de 65% N en 100% N binnen de meststoffen.

De analyse is per snede uitgevoerd, echter in 1 analyse voor beide sneden, waarbij snede, net als de hoeveelheid en de toegepaste meststof als behandeling in de 'Treatment structuur' van ANOVA zijn opgenomen, evenals de interacties tussen deze 3 behandelingen.



Figuur 3. Slangenpomp achterop de mestmachine voor de dosering van vloeibare kunstmest.

## 3 Resultaten

### 3.1 Toegepaste meststoffen en giften

Door het lage N gehalte van het MC moest erg veel MC worden toegediend. De slangenpomp bleek lang niet voldoende capaciteit te hebben om de gewenste hoeveelheid MC te doseren. Daarvoor zou een grotere pomp moeten worden gebruikt. De minimaal benodigde rijsnelheid voor de zodembemester was 5 km per uur. Bij deze snelheid kon de slangenpomp maximaal 1,4 m<sup>3</sup>/ha afgeven.

Besloten is om het MC te mengen met de RDM in de drijfmesttank in de gewenste verhouding van toediening bij object 65% N. Bij object 65% N is dit mengsel toegediend met de zodebemester zonder gebruik van de slangenpomp. Bij object 100% N is dit mengsel toegediend met de zodebemester en is via de slangenpomp de aanvullende hoeveelheid MC toegediend. Doordat slechts één helft van de machine hoefde te worden gebruikt voor de MC-dosering, kon de toedieningscapaciteit worden verdubbeld. De benodigde aanvullende hoeveelheid kon hiermee echter niet worden gehaald, waardoor 3 kg N/ha minder is toegediend dan was gepland. De hoeveelheden urean en spuihoog konden wel goed met de slangenpomp worden gedoseerd.

De toe te dienen hoeveelheden zijn berekend op basis van de samenstelling van de meststoffen die bij toediening bekend was of is geschat (RDM). Vlak voor toediening zijn nog monsters van de meststoffen genomen. De analyseresultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3. **Analyseresultaten van de meststoffen.**

		<b>Runder- drijfmest</b>	<b>Spuihoog</b>	<b>Urean</b>	<b>Mineralen- concentraat</b>
Droge stof	g DS/kg	91			44
Ruw as	g AS/kg	18			
Organische stof	g OS/kg	73			
Stikstof	g N/kg	3,63	79	300	9,08
C/N-ratio		9			
Stikstof-ammoniak	g N-NH <sub>3</sub> /kg	1,5			
Stikstof-organisch	g N-org/kg	2,1			
Fosfor	g P/kg	0,79			0,03
Fosfaat	g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /kg	1,81			0,07
Kalium	g K/kg	3,6			8,4
Kali	g K <sub>2</sub> O/kg	4,3			10,1
Magnesium	g Mg/kg	1,0			
Magnesia	g MgO/kg	1,7			
Natrium	g Na/kg	0,5			
Natron	g Na <sub>2</sub> O/kg	0,7			
Soortelijk gewicht	kg/ltr		1,2	1,32	1,03

Uit de analyse van RDM blijkt dat het N-gehalte en dan met name het N-NH<sub>3</sub> gehalte met 1,5 duidelijk lager lag dan de 2,2 waarvan in eerste instantie is uitgegaan. Daarom is met de 15 m<sup>3</sup>/ha drijfmest niet de geplande 16 kg werkzame N/ha voor de eerste oogstsnede gegeven, maar 12 kg N/ha. Voor de onderlinge vergelijking van spuihoog, MC en urean maakt dit niets uit omdat de basisbemesting voor alle objecten gelijk is geweest.

De daadwerkelijk gerealiseerde N-giften zijn weergegeven in tabel 4, de gerealiseerde kaligiften in tabel 5.

Tabel 4. **Gerealiseerde N-giften per object (kg N/ha).**

Object	RDM (kg N-werkzaam/ ha)	Spui loog / MC / Urean (kg N-mineraal/ha)	Totaal
RDM + Spui loog 100%	12	73	85
RDM + Spui loog 65%	12	41	53
RDM + MC 100%	12	71	83
RDM + MC 65%	12	42	54
RDM + Urean 100%	12	74	86
RDM + Urean 65%	12	42	54

Tabel 5. **Gerealiseerde kaligiften per object (kg K<sub>2</sub>O/ha).**

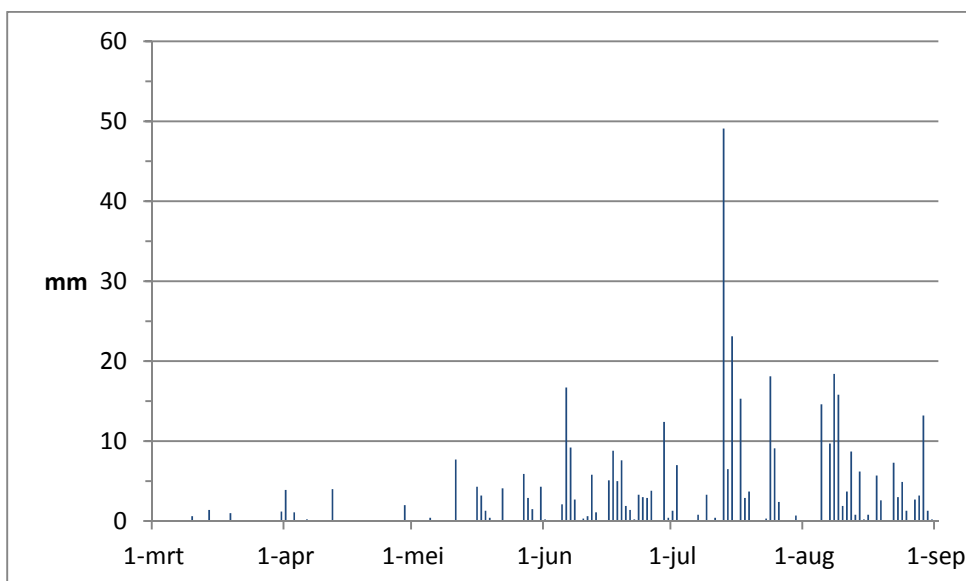
Object	RDM	Spui loog / MC / Urean	Via Kali-60	Totaal
RDM + Spui loog 100%	65	0	90	155
RDM + Spui loog 65%	65	0	90	155
RDM + MC 100%	65	73	0	138
RDM + MC 65%	65	45	0	110
RDM + Urean 100%	65	0	90	155
RDM + Urean 65%	65	0	90	155

Bij alle objecten is meer dan voldoende kali toegediend. Uit de bodemanalyse bleek de kalitoestand 'Hoog' te zijn. Volgens advies is voor latere sneden geen kaligift noodzakelijk. Om er echter zeker van te zijn dat kaligebrek geen rol zal spelen en het kalivoordeel van het MC object enigszins op te heffen is op alle andere objecten extra kali gegeven.

## 3.2 Weersomstandigheden

De zomer was zeer nat en relatief koel. In figuur 4 is de dagelijkse neerslag weergegeven van het dichtstbijzijnde KNMI-meetstation, namelijk dat te Swifterbant. Het blijkt dat redelijk snel na het toedienen neerslag is gevallen en dat tijdens de groeiduur van beide proefsneden voldoende neerslag is gevallen. Bovendien waren de temperaturen gedurende de groeiperiode gematigd (18-22 graden gemiddeld), waardoor geen droogte of hittestress is opgetreden en beide sneden onder gunstige weersomstandigheden hebben kunnen groeien.

Het mooie, zonnige en droge weer tijdens het uitrijden zou mogelijk wat extra NH<sub>3</sub>-vervluchtiging hebben kunnen geven, hoewel dit met het injecteren ook enigszins wordt beperkt.



Figuur 4. Neerslag (mm per dag) in het voorjaar en de zomer van 2011 (KNMI-station Swifterbant).

### 3.3 Opbrengst

De gemeten opbrengsten zijn geanalyseerd met ANOVA. De resultaten van de analyse zijn weergegeven in bijlage 1. In de tabellen 6 t/m 11 is de opbrengst weergegeven. Een verschillende kleine letter geeft een significant verschil aan.

Tabel 6. Opbrengst (kg d.s./ha) per meststof\*).

MC	Spuihoog	Urean
2136 <sup>a</sup>	2629 <sup>b</sup>	2296 <sup>a</sup>

\*) gemiddeld over de snedes en de N-giften.

Het gebruik van spuihoog gaf in deze proef, ongeacht de snede of de hoogte van de N-gift, een significant hogere opbrengst dan het gebruik van MC of urean. Er was geen significant verschil in opbrengst tussen het gebruik van MC en urean.

Tabel 7. Opbrengst (kg d.s./ha) per N-gift\*).

N-gift	
65% N	100% N
2101 <sup>a</sup>	2606 <sup>b</sup>

\*) gemiddeld over de meststoffen en de 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> snede.

De gemiddelde opbrengst was bij de 100% N-gift zo'n 500 kg d.s. per ha hoger dan bij de 65% N-gift.

Tabel 8. Opbrengst (kg d.s./ha) per snede\*).

Snede	
2 <sup>e</sup> snede	3 <sup>e</sup> snede
3343 <sup>a</sup>	1365 <sup>b</sup>

\*) gemiddeld over de meststoffen en de N-giften.

Bij de 2<sup>e</sup> snede (= de eerste snede na toediening) was de opbrengst ruim 2 ton d.s./ha hoger dan bij de 3<sup>e</sup> snede (nawerking).

Tabel 9. **Opbrengst (kg d.s./ha) per meststof en N-gift\***.

Meststof	N-gift	
	65% N	100% N
MC	1915 <sup>a</sup>	2357 <sup>b</sup>
Spui loog	2426 <sup>b</sup>	2831 <sup>c</sup>
Urean	1961 <sup>a</sup>	2631 <sup>bc</sup>

\*) gemiddeld over de 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> snede

Zoals uit de eerdere tabellen bleek gaf een hogere N-gift een hogere opbrengst. De verschillen tussen de meststoffen waren echter niet bij beide N-giften gelijk. Er was sprake van een zeer zwak significante interactie tussen meststof en N-gift (zie bijlage 1). Bij 65% N was de opbrengst van MC en urean gelijk en significant lager dan die van spui loog. Bij 100% N was de opbrengst van urean niet significant verschillend van die van MC en ook niet van die van spui loog.

De interactie tussen de gebruikte meststof en de snede is weergegeven in tabel 9. Dit geeft aan of het opbrengstverschil tussen de gebruikte meststoffen in de 3<sup>e</sup> snede anders is (door N-nawerking) dan in de 2<sup>e</sup> snede. Mogelijk kan een lagere opbrengst van een meststof in de 2<sup>e</sup> snede meer rest N overlaten en daardoor een hogere opbrengst geven in de 3<sup>e</sup> snede, die onbemest is gebleven.

Tabel 10. **Opbrengst (kg ds/ha) per meststof bij de 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> snede\***.

Meststof	2e snede	3e snede
MC	2918 <sup>b</sup>	1354 <sup>a</sup>
Spui loog	3863 <sup>d</sup>	1394 <sup>a</sup>
Urean	3246 <sup>c</sup>	1346 <sup>a</sup>

\*) gemiddeld over 2 N-giften

Bij de 2<sup>e</sup> snede was er significant verschil in opbrengst tussen de 3 toegepaste meststoffen. Het gebruik van spui loog leidde (gemiddeld over 2 N-giften) tot de hoogste opbrengst. Urean gaf daarna de hoogste opbrengst (significant lager dan de opbrengst bij spui loog) en het mineralenconcentraat gaf een significant lagere opbrengst dan urean en spui loog.

De d.s.-opbrengsten van de 3<sup>e</sup> snede verschilden niet significant van elkaar. De lagere werking van zowel urean als MC in de 2<sup>e</sup> snede heeft dus niet geresulteerd in een hogere nawerking in de 3<sup>e</sup> snede.

In tabel 11 staat de volledige uitsplitsing per meststof, snede en N-niveau.

Tabel 11. **Opbrengst (kg ds/ha) per N-gift, snede en meststof.**

Meststof	N-gift / snede			
	65% N		100% N	
	2 <sup>e</sup> snede	3 <sup>e</sup> snede	2 <sup>e</sup> snede	3 <sup>e</sup> snede
MC	2485 <sup>c</sup>	1345 <sup>ab</sup>	3352 <sup>e</sup>	1363 <sup>ab</sup>
Spui loog	3512 <sup>e</sup>	1340 <sup>ab</sup>	4214 <sup>g</sup>	1447 <sup>b</sup>
Urean	2716 <sup>d</sup>	1207 <sup>a</sup>	3777 <sup>f</sup>	1485 <sup>b</sup>

Uit tabel 11 blijkt:

#### **Meststof**

Bij de 2<sup>e</sup> snede gaf spui loog zowel bij 65% N als 100% N een significant hogere opbrengst dan de andere twee meststoffen en gaf urean een significant hogere opbrengst dan MC. MC gaf bij beide N-niveaus de



laagste opbrengst bij de 2<sup>e</sup> snede.

Er was geen betrouwbaar verschil in opbrengst bij de 3<sup>e</sup> snede.

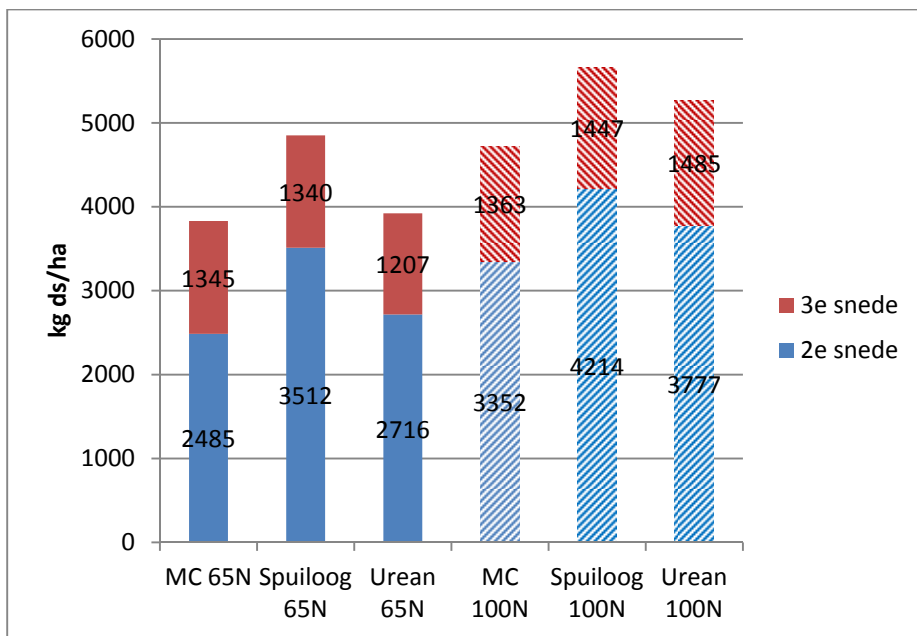
### N-gift

Bij de 2<sup>e</sup> snede gaf een hogere N-gift een hogere opbrengst. Bij de 3<sup>e</sup> snede is de nawerking gemeten en toen was er geen verschil in opbrengst tussen de meststoffen.

### Snede

De opbrengst bij de 2<sup>e</sup> snede was hoger dan bij de 3<sup>e</sup> snede.

In figuur 5 zijn de resultaten uit tabel 11 grafisch weergegeven.



Figuur 5. Grafische weergave d.s.-opbrengsten in de 2 sneden na toediening.



## 4 Discussie & conclusies

De pilot is aangelegd om te testen of het mogelijk is om in combinatie met drijfmest in één werkgang een vloeibare N-meststof toe te dienen, met als bijkomende vraag of N-houdende vloeibare stoffen die als reststroom uit een ander proces komen, vergelijkbare resultaten geven als een vloeibare kunstmest. Daarom is in deze proef een vergelijking gemaakt tussen de vloeibare N-kunstmest urean met 2 vloeibare meststoffen uit reststromen (luchtwassers en mestscheidings-/opwerkingsprocessen).

Er is een beperkte proefopzet geweest. De meststoffen zijn getest in 1 snede en de nawerking in 1 vervolgsnede. Er zijn alleen droge-stofopbrengsten bepaald en geen N-opbrengsten. Ook zijn geen controlevelden (onbemeste velden) aangelegd en is met 2 N-niveaus gewerkt. Door de opzet kan geen uitspraak worden gedaan over N-efficiëntie/N-werkingscoëfficiënt, in de zin zoals deze standaard wordt berekend (Schröder, 2010).

Voordat de proef is aangelegd is een snede gemaaid en omdat de zodebemester-PPL nog niet beschikbaar was, is daarna nogmaals voorgemaaid, waarbij deze tussensnede niet bemest is. Hoewel het voorjaar erg droog is verlopen tot begin juni, zijn normale opbrengsten geoogst in de voorsnede(n). De voorsneden zijn slechts zeer licht bemest (50 kg N/ha), waardoor niet mag worden verwacht dat vanuit de voorjaarsbemesting veel nawerking is opgetreden in deze proef. Mocht dat al wel het geval zijn, dan zal deze nawerking homogeen over alle objecten plaats gevonden hebben en niet geleid tot niveauverschillen in de gevonden opbrengsten.

De weersomstandigheden bij uitrijden waren uitstekend: droog en zonnig, zodat geen schade is gereden aan het proefveld. Wel waren de omstandigheden bevorderlijk voor ammoniakvervluchtiging (droog, zonnig en wind). De mest is via een goed afgestelde zodebemester in de zode ingebracht, waardoor de emissie al beperkt wordt. Er zijn geen emissiemetingen uitgevoerd tijdens en na het toedienen.

Het bleek goed mogelijk om de gebruikte vloeibare kunstmest (inclusief spuihoog met 8% N) in combinatie met drijfmest toe te dienen met de ontwikkelde zodebemester-PPL. Het bleek niet mogelijk om met de huidige slangenpomp op de machine grote hoeveelheden vloeibare meststof ( $>1,4 \text{ m}^3/\text{ha}$  bij een rijsnelheid van 5 km per uur) toe te dienen. Voor toediening van MC via de slangenpomp is de huidige machine daarom niet geschikt. Het MC heeft een laag N gehalte, waardoor meerdere kuubs per ha moeten worden toegediend.

De kleine afwijkingen in de uiteindelijk werkelijk toegediende hoeveelheid N t.o.v. de geplande hoeveel N zijn dermate klein, dat dit geen echte invloed op de resultaten zal hebben gehad.

Zoals al in de resultaten is aangegeven, is de hoeveelheid N toegediend met de basisbemesting drijfmest ook lager geweest dan gepland, maar deze verlaging is voor alle objecten gelijk. Omdat uit de analyse geen sterke interactie is gebleken tussen toegediende hoeveelheid en gebruikte meststof, heeft de lagere dosering waarschijnlijk alleen tot een iets lager overall opbrengstniveau geleid.

De werking van spuihoog bleek in deze proef erg goed, zelfs beter dan die van de vloeibare N-meststof urean. Mogelijk is er bij urean emissie opgetreden van lachgas of stikstofgas door denitrificatie. De stikstof in urean bestaat voor 25% uit nitraat-N. Toevoeging van nitraat aan dierlijk mest kan in de bodem leiden tot denitrificatie van nitraatstikstof.

Oenema et al. (2001) doen een aantal aanbevelingen om de lachgasemissie vanuit de landbouw terug te dringen. Één van die aanbevelingen is om nitraat en gemakkelijk beschikbare koolstof niet gelijktijdig toe te dienen. Gemakkelijk beschikbare koolstof voor het bodemleven is die in verse organische stof, waaronder mest. Uit een publicatie van Kuikman et al. (2003) blijkt dat gebruik van zwavelzure ammoniak op grasland (waarmee spuihoog uit chemische luchtwassers het beste mee is te vergelijken) sowieso tot minder lachgasemissie leidt dan gebruik van KAS (dat 50% nitraat-N bevat).

Een neveneffect van zwavel in het spuihoog op de grasopbrengst in deze proef is onwaarschijnlijk. De Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (2011) geeft aan dat S-tekorten op kleigrond tot dusver vrijwel niet voorkomen. Op de kleigronden in de IJsselmeerpolders is bovendien het S-leverend vermogen gemiddeld genomen hoog. Verder bevat runderdrijfmest ook zwavel (gemiddeld 0,6 kg S per  $\text{m}^3$ ).

en is derhalve met de 15 m<sup>3</sup> RDM per ha een kleine hoeveelheid zwavel toegediend. Op zandgrond kan wel S-tekort optreden en kan een S-bemesting de opbrengst verhogen.

Hoewel er geen duidelijke verklaring kan worden gegeven voor de betere werking van het spuihoog in deze proef, is het voor de toepassing van de zodebemester-PPL belangrijk dat de werking in elk geval gelijk is aan een vloeibare N-meststof. Dit betekent dat de machine geschikt is om in de praktijk spuihoog in combinatie met drijfmest te geven en dat dit een volwaardige N-bemesting betekent.

Het is niet bekend hoe de opbrengst bij gecombineerde toediening van RDM + spuihoog zich verhoudt tot die bij bemesting met RDM en volvelds strooien van KAS (in 2 aparte werkgangen). Het verdient aanbeveling om deze vergelijking in een volgende proef op te nemen.

De mindere werking van het MC komt overeen met eerder gevonden proefresultaten (van Middelkoop en Holshof, 2011). Bovendien vonden Verloop en Geerts (2011) dat MC op grasland slechter werkt wanneer het in combinatie met RDM wordt toegediend dan wanneer het apart wordt toegediend.

Opvallend zijn de geringe nawerkingsverschillen tussen de gebruikte meststoffen, maar ook lijkt de absolute nawerking gering. Ondanks een verschil in d.s.-opbrengst van bijna een ton d.s. in de snede direct na toediening tussen het MC en spuihoog, werken beide meststoffen evenveel (of even weinig) na. Ook dit is in overeenstemming met de nawerking van het MC zoals dat gevonden is in de Mineralenconcentratenproef op grasland (2009 en 2010, nog niet gepubliceerde data). Wel moet worden opgemerkt dat de opmerking over absolute nawerking slechts een subjectief oordeel is. De nawerksnede had na een groeiduur onder goede (vochtige) groeiomstandigheden slechts een opbrengst van ruim 1300 kg d.s./ha, hetgeen laag lijkt, maar er is geen te vergelijken onbemest object in de proef aanwezig, dus is over de absolute nawerking niets onderbouwd te zeggen.

Er blijkt geen duidelijk interactie-effect van het type meststof met de dosering. Dat betekent dat spuihoog in een groot traject, in elk geval tot een aanvulling van 63 kg N goed is te doseren en te gebruiken als aanvullende N-gift naast drijfmest.

## Conclusies

- Het is goed mogelijk om met de zodebemester-PPL vloeibare (kunst)meststoffen (inclusief spuihoog) in combinatie met drijfmest in 1 werkgang toe te dienen, waarbij de dosering van de vloeibare kunstmest en de drijfmest afzonderlijk van elkaar kunnen worden ingesteld.
- Voor toediening op deze wijze van grote hoeveelheden (>1200 l per ha) van laag-geconcentreerde vloeibare N-meststoffen zoals mineralenconcentraat, is de gebruikte zodebemester-PPL niet geschikt. Daarvoor zou de capaciteit van de slangenpomp op de zodebemester-PPL moeten worden verhoogd.
- Spuihoog geeft toegepast als aanvullende vloeibare N-meststof vergelijkbare of zelfs wat hogere opbrengsten dan de vloeibare N meststof urean, wanneer deze in combinatie met drijfmest wordt aangewend.
- Het effect (de werking) van de vloeibare N-vertalers (spuihoog en MC) en urean is op de opbrengst is in elk geval in de onderzochte range tussen 40 en 70 kg N/ha vergelijkbaar.
- De nawerking van de vloeibare meststoffen in combinatie met drijfmest is gelijk en in deze proef was deze gering.

## Aanbevelingen

- Als men met de zodebemester-PPL vloeibare meststoffen met een zeer laag N-gehalte (van enkele procenten) wil toedienen en/of sneller wil rijden dan 5 km per uur, dan zou de capaciteit van de slangenpomp moeten worden verhoogd. Men moet hierbij echter een kritisch afweging maken of de capaciteit dusdanig moet worden verhoogd om ook mineralenconcentraat met amper 1% N toe te dienen.
- In vervolgonderzoek is het zinvol om de gecombineerde toediening van RDM + spuihoog te vergelijken met toediening van RDM en volvelds strooien van KAS (in 2 aparte werkgangen).

# Literatuur

Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (2011). Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Animal Sciences Group - Wageningen UR ([www.bemestingsadvies.nl](http://www.bemestingsadvies.nl)).

Kuikman, P.J., G.L. Velthof & O. Oenema (2003). Controlling nitrous oxide emissions from agriculture: experiences in the Netherlands. In: Proceedings of the 3rd International Methane and Nitrous Oxide Mitigation Conference. Beijing, China, p. 415-422.

Middelkoop, van J.C en G. Holshof., 2011. Werking van mineralenconcentraten op grasland. Rapport 43, Wageningen Livestock Research, Lelystad. 38 pp.

Oenema, O., G. Velthof & P. Kuikman (2001). Technical and policy aspects of strategies to decrease greenhouse gas emissions from agriculture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60, p. 301–315.

Oude Voshaar, J., 1995. Statistiek voor onderzoekers. Wageningenpers 1994, Wageningen, 252 pp.

Schröder J.J., 2010. Kunstmestvervangers onderzocht; Hoe bepaal je de stikstofwerking van mineralenconcentraten? Informatieblad Mest van bedreiging naar kans. Infoblad BO-12.02. infoblad nr 04. Februari 2010.

Verloop, K. & R. Geerts, 2011. Aanvullend onderzoek mineralenconcentraten 2009 + 2010 op bouwland en grasland - Stikstofwerking in grasland bij aanwending apart en gemengd met drijfmest. Plant Research International, Wageningen, 16 pp.



## Bijlage 1. ANOVA ds opbrengsten

### Analysis of variance

Variate: dsopb

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
herh stratum	3	472278.	157426.	1.46	
herh.plot stratum					
Meststof	2	2018824.	1009412.	9.33	0.014
Residual	6	648924.	108154.	5.55	
herh.plot.subplot stratum					
N-gift	1	3067427.	3067427.	157.53	<.001
Meststof.N-gift	2	164360.	82180.	4.22	0.051
Residual	9	175250.	19472.	0.44	
herh.plot.subplot.*Units* stratum					
snede	1	46951294.	46951294.	1065.09	<.001
Meststof.snede	2	1674494.	837247.	18.99	<.001
N-gift.snede	1	1650837.	1650837.	37.45	<.001
Meststof.N-gift.snede	2	34437.	17219.	0.39	0.682
Residual	18	793475.	44082.		
Total	47	57651599.			