

Rijenbemesting in aardappelen

Rijenbemesting versus breedwerpig en perspectief van nieuwe meststoffen

Verslag van een veldproef op zuidwestelijke zeeklei in 2011

Ing. Hanja Slabbekoorn

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit AGV
December 2011/aangepast juli en aug en okt 2012

Proj nr. 32 502 168 00
ZW3940

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, AGV

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

Dit projectrapport geeft de resultaten weer van het onderzoek dat het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving heeft uitgevoerd,

gefinancierd door:

Programma Precisielandbouw (PPL)

Contactpersoon: dhr. H. van Gurp

Postbus 100

5201 AC 's-Hertogenbosch

In Programma Precisie Landbouw investeren landbouwbedrijfsleven en ministerie van EL&I in hulpmiddelen en voorwaarden voor innovatieve Controlled Traffic Farming, Bemesting en Gewasbescherming

in opdracht van:

NCOR

Contactpersoon: Dhr. H. Bartlema

Plataanlaan 57

6708 PT Wageningen

Namens de volgende initiatiefnemers in PPL: CZAV, Landbouwcommunicatie, Nedato en SuikerUnie.

Projectnummer: 32 502 168 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit AGV

Adres : Groeneweg 3, 3273 LP Westmaas

Tel. : 0186 – 57 99 30

Fax : 0186 – 57 14 66

E-mail : hanja.slabbekoorn@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
VOORWOORD	7
1 INLEIDING	9
2 PROEFOPZET	11
3 PROEFVELDGEGEVENS EN UITVOERING	13
3.1 Perceels- en teeltgegevens	13
3.2 Gewasbescherming.....	13
3.3 Bemesting.....	13
3.4 Weersgegevens.....	16
4 RESULTATEN	17
4.1 Gewaswaarnemingen gedurende het seizoen	17
4.1.1 Grondbedekking	17
4.1.2 Kleur van het gewas.....	19
4.2 Opbrengst en kwaliteit.....	21
4.2.1 Opbrengst.....	21
4.2.2 Aantal knollen	25
4.2.3 Onderwatergewicht	26
4.3 N-opname door de aardappelknollen.....	28
5 CONCLUSIES EN BESPREKING	31
6 LITERATUURLIJST	33
BIJLAGE 1. PROEFVELDSHEMA.....	35
BIJLAGE 2. TEMPERATUUR.....	37
BIJLAGE 3. NEERSLAG.....	39
BIJLAGE 4. STATISTISCHE ANALYSE N-BENUTTING.....	41

Samenvatting

In opdracht van het Pogramma Precisielandbouw (PPL) is door PPO te Westmaas (ZH) op kleigrond een stikstof bemestingsproef uitgevoerd. De precisietoepassing van stikstofhoudende meststoffen draagt bij aan PPL doelen van energie-besparing en reductie van broeikas-emmissie in de zin dat mogelijkheden worden onderzocht om kunstmeststikstof te vervangen.

De proef is aangelegd met 18 objecten in 4 herhalingen als gewarde blokkenproef met aardappelen van het ras Agria.

In de aardappelteelt is het gebruikelijk om de stikstof breedwerpig te strooien. Veelal wordt een gift gegeven na het poten, voor het frezen, waarbij de kunstmeststikstof met het frezen wordt ingewerkt in de rug. Door rijenbemesting met vloeibare meststoffen, in combinatie met het frezen van de ruggen in één werkgang, kan wellicht op de hoogte van de gift bespaard worden en kunnen nieuwe meststoffen worden gebruikt. De vragen in dit onderzoek zijn:

- 1) Kan op stikstof bespaard worden zonder dat het ten koste gaat van opbrengst en kwaliteit? 2
- 2) Welk perspectief bieden de nieuwe meststoffen Spuiloog en Mineralenconcentraat (MC) als meststof in aardappel?

Hieronder wordt nader ingegaan op beide vragen.

Kan op stikstof bespaard worden zonder dat het ten koste gaat van opbrengst en kwaliteit?

Hiervoor is een vergelijking gemaakt tussen breedwerpige bemesting in de vorm van kalkammonsalpeter (Kas) en een rijenbemesting in de vorm van Urean. Deze vergelijking is aangelegd met een aantal stikstoftrappen: 0, 50, 100, 150 en 200 kg N aan de basis, zonder overbemesting. Het betreft een systeemvergelijking: Kas als breedwerpige bemesting en een rijenbemesting in de vorm van een vloeibare meststof Urean. Omdat Kas in de rij geen praktijktoepassing zal worden is in dit onderzoek geen rijenbemesting opgenomen met Kas.

De bemesting met Kas breedwerpig en Urean in de rij gaven dezelfde resultaten.

Er was geen verschil in groei van het gewas, in tijdstip van afsterven, in opbrengst en kwaliteit.

In deze proef kon niet bespaard worden op stikstof door stikstof in de vorm van Urean toe te passen in de rij.

Welk perspectief bieden de nieuwe meststoffen Spuiloog en Mineralenconcentraat (MC) als meststof in aardappel?

Hiervoor is een vergelijking gemaakt tussen een breedwerpige bemesting met Kas en een rijenbemesting met Urean, Spuiloog en MC, als basisbemesting. Er zijn 2 verschillende N-niveau's aangelegd: 150 en 200 kg N/ha. Bij een suboptimale bemesting komen verschillen tussen objecten eerder tot uiting. Als overbemesting is 50 kg N gegeven in de vorm van Kas.

De rijenbemesting is uitgevoerd met de slangenpomp-rijenbemester van NCOR.

Spuiloog en Mineralenconcentraat hebben even goed gewerkt als Kas en Urean. Bij een N-gift van 200 kg N/ha nam de opbrengst niet tot nauwelijks nog toe t.o.v. 150 kg N/ha. Dit kan ertoe bijgedragen hebben dat er ook nauwelijks verschillen waren in werking van de meststoffen. Als het gewas tekort had gehad aan stikstof, dan was dat wellicht ook in dit onderzoek naar voren gekomen.

Uit dit onderzoek in dit jaar op dit perceel blijkt dat Spuiloog en Mineralenconcentraat even goed ingezet kunnen worden als Kas en Urean bij de basisbemesting in aardappelen.

Kouter

Uit eerder onderzoek is gebleken dat de werking van een kouter invloed kan hebben op de opbrengst. Ook dat is in deze proef onderzocht. Het kouter bleek geen effect te hebben op de opbrengst.

Conclusie

Het positieve perspectief van de nieuwe meststoffen Spuiloog en Mineralenconcentraat wordt geboden door het duurzame karakter van deze meststoffen qua kostprijs en milieubelasting.

Uit dit onderzoek blijkt dat bij de gebruikelijke stikstofgiften met de nieuwe meststoffen Spuiloog en Mineralenconcentraat dezelfde opbrengsten zijn te behalen als met de gangbare kunstmeststoffen Kas en Urean. Hetzelfde geldt voor de kwaliteit van de aardappelen. De stikstof kunstmest kon in dit onderzoek goed worden vervangen door stikstof uit Spuiloog of Mineralenconcentraat. Dit is een belangrijke voorwaarde voor de adoptie van de nieuwe meststoffen.

Voorwoord

Door Herre Bartlema

Het voor u liggende rapport betreft een onderzoek, waarvan de financiering en de vraagstelling tot stand is gekomen in het kader van het Programma Precisielandbouw (PPL). Daarover het volgende.

De Nederlandse overheid stimuleert de rijenbemesting door middel van de Vamil-regeling en de subsidieregeling voor investeringen in milieuvriendelijke maatregelen.

Het toeleverende bedrijfsleven van de Nederlandse agrarische sector op haar beurt stimuleert de rijenbemesting door een breed aanbod van betaalbare machines, voorzien van GPS programmatuur indien gewenst en door een breed aanbod van meststoffen.

Overheid en bedrijfsleven samen bevorderen de rijenbemesting door middel van het PPL, omdat rijenbemesting plaats specifiek bemesten faciliteert met kunstmest of kunstmestvervangers. Die samenwerking heeft het onderzoek waar deze rapportage over gaat financieel mogelijk gemaakt.

Vervanging van kunstmest vormt de hoeksteen van het Nederlandse mestbeleid en heeft vanwege aard en omvang van het kunstmestgebruik een zeer positief effect op de verduurzaming van de primaire agrarische productie, de ultieme doelstelling van het PPL.

Vervanging van kunstmest impliceert vervanging van de adviesbasis voor bemesting van akkerbouw en groentegewassen, zoals deze te vinden is op de website van het produktschap voor akkerbouwgewassen, omdat deze voornamelijk bedoeld is voor gebruikers van kunstmest in korrelvorm, breedwerpig toegediend. Vervanging van de adviesbasis ligt ten grondslag aan de vraagstelling van het onderzoek waar deze rapportage over gaat. Dit onderzoek moet gezien worden als een van de eerste in een lange reeks.

Ondergetekende is zijn collega initiatiefnemers in het PPL die het onderzoek mede hebben willen financieren, daarvoor zeer erkentelijk, zonder die steun was het onderzoek niet tot stand gekomen. Dat geldt natuurlijk ook voor de vakkundige uitvoering ervan door staf en medewerkers van PPO Westmaas. Wat ondergetekende betreft mag deze instelling gerust uitgroeien tot een Europees centrum voor onderzoek op het gebied van duurzame bemestingstechnieken.

Wageningen, juli 2012. Herre Bartlema

1 Inleiding

In de aardappelteelt is het gebruikelijk om de stikstof breedwerpig te strooien. Veelal wordt een gift gegeven na het poten, voor het frezen, waarbij de kunstmeststikstof met het frezen wordt ingewerkt in de rug. Rijenbemesting met vloeibare meststoffen, in combinatie met het frezen van de ruggen in één werkgang, wordt in de praktijk in toenemende mate toegepast. Door deze rijentoepassing kan wellicht op de hoogte van de gift bespaard worden en kunnen nieuwe meststoffen worden gebruikt. In dit onderzoek is een vergelijking gemaakt tussen

- breedwerpige bemesting, zoals in de praktijk vaak wordt uitgevoerd met kalkammonsalpeter (Kas, 27%N) en
- rijenbemesting met een bestaande meststof (Urean) en 2 nieuwe meststoffen uit reststromen: Spuiloog en Mineralenconcentraat.

De meststoffen zijn of breedwerpig of als rijenbemesting toegediend, zoals het in de praktijk met die meststof gebruikelijk is. Er is gevarieerd in N-gift om aan te kunnen tonen of met rijenbemesting bespaard kan worden op stikstof.

De vragen zijn:

- Kan op stikstof bespaard worden zonder dat het ten koste gaat van opbrengst en kwaliteit? Vergelijking breedwerpige en rijenbemesting.
- Welk perspectief bieden Spuiloog en Mineralenconcentraat (MC) als meststof in aardappel?

Voor resultaten uit ander onderzoek: zie literatuurlijst.

2 Proefopzet

In 2011 is in opdracht van Programma Precisielandbouw (PPL), in overleg met NCOR, een proef aangelegd op de PPO-locatie te Westmaas (ZH). De proef is aangelegd met 18 objecten, in 4 herhalingen als gewarde blokkenproef met het ras Agria. De veldjesgrootte was bruto 3m breed x 10m lang en netto 3m breed x 8m. De objecten zijn weergegeven in tabel 1. Het proefveldschema is als bijlage 1 toegevoegd.

Tabel 1. **Objecten**

Object	Basis				Bijbemesting	
	Gift (kg N/ha)	meststof	Toepassing ¹⁾		Gift (kg N/ha)	meststof
A	0	-	-	Geen kouter door de grond	0	-
B	0	-	-	Wel kouter door de grond	0	-
C	50	Kas	Breedwerpig	Geen kouter door de grond	0	-
G	50	Urean	In de rij	Wel kouter door de grond	0	-
D	100	Kas	Breedwerpig	Geen kouter door de grond	0	-
H	100	Urean	In de rij	Wel kouter door de grond	0	-
E	150	Kas	Breedwerpig	Geen kouter door de grond	0	-
J	150	Urean	In de rij	Wel kouter door de grond	0	-
F	200	Kas	Breedwerpig	Geen kouter door de grond	0	-
K	200	Urean	In de rij	Wel kouter door de grond	0	-
L	150	Kas	Breedwerpig	Geen kouter door de grond	50	Kas
N	150	Urean	In de rij	Wel kouter door de grond	50	Kas
Q	150	Spuihoog	In de rij	Wel kouter door de grond	50	Kas
T	150	MC	In de rij	Wel kouter door de grond	50	Kas
M	200	Kas	Breedwerpig	Geen kouter door de grond	50	Kas
P	200	Urean	In de rij	Wel kouter door de grond	50	Kas
R	200	Spuihoog	In de rij	Wel kouter door de grond	50	Kas
V	200	MC	In de rij	Wel kouter door de grond	50	Kas

Toelichting objectkeuze

Kouter

In vorig onderzoek, onder andere met rijenbemesting in suikerbieten, is soms gebleken dat het feit dat een kouter door de grond gaat, ongeacht of een meststof wordt toegediend, al invloed op de opbrengst kan hebben, bij suikerbieten was het een positief effect. Om het effect van kouter en meststofplaatsing van elkaar te kunnen onderscheiden, is tussen object A en B (de nulobjecten) de vergelijking aangelegd: met en zonder kouter..

Systemen en meststoffen

Er is in deze proef voor gekozen om 2 systemen te vergelijken en om nieuwe meststoffen te beproeven: breedwerpig en rijenbemesting. Voor de breedwerpige bemesting is gekozen voor Kas (kalkammonsalpeter 27%N) en voor de vloeibare bemesting voor urean, spuihoogen Mineralenconcentraat (MC). Meer informatie over de meststoffen staat in paragraaf 4.3 Bemesting.

Er is bewust voor gekozen om geen Kas in de rij toe te dienen. Als telers over gaan op rijenbemesting zullen ze niet kiezen voor Kas in de rij. Het betreft dus een systeem vergelijking: Kas breedwerpig t.o.v. Urean, spuihoog of MC in de rij.

N-trappen

Om een N-responscurve te kunnen maken, en daarmee het effect van de N-gift op de opbrengst te kunnen aantonen, zijn verschillende trappen aangelegd in de N-bemesting. Met Kas en Urean zijn trappen aangelegd van 0, 50, 100, 150 en 200 kg N per ha, zonder overbemesting.

In de vergelijking van de meststoffen (Kas, Urean, Spuiloog en MC) zijn 2 N-giften aangelegd: 150 en 200 kg N/ha aan de basis. Bij al deze objecten is de N-gift aangevuld met een breedwerpige bijbemesting van 50 kg N/ha als Kas bij knolzetting.

Hoogte van de gift

De adviesgift zou op dit perceel 250 kg N per ha – 1,1x N_{min} zijn geweest, oftewel 235 kg N/ha. In de proef zijn we uitgegaan van een sub-optimale N-bemesting om verschillen tussen de objecten goed aan te kunnen tonen.

3 Proefveldgegevens en uitvoering

3.1 Perceels- en teeltgegevens

In tabel 2 zijn enkele perceels- en teeltgegevens weergegeven.

Tabel 2. **Perceels- en teeltgegevens**

Grondsoort	Zeeklei	Voorvrucht	wintertarwe
% lutum	21	Ras	Agria
% berekend slib	28 – 35	Pootdatum	14 april
% organische stof	2,5	Pootafstand	28cm
pH	7,3	Datum basisbemesting	27 april, voor frezen
K-getal	19	Datum frezen	27 april
Mangaan	250 µg/kg	Datum bijbemesting	14 juni
Pw-getal	35	Datum loofdoding	9 en 16 september
CaCO ₃	9,0	Datum oogst	26 september
Zwavel totaal	220 mg S/kg	Veldgrootte bruto	3m x 10m
		Veldgrootte netto	1,5m x 8m

3.2 Gewasbescherming

De onkruid- en ziektenbestrijding zijn uitgevoerd zoals in praktijk.

3.3 Bemesting

De Nmin voorjaar in de laag 0-60cm: 15 kg N/ha. Op basis hiervan zou de adviesgift voor dit perceel 235 kg/ha zijn. Om verschillen tussen objecten beter aan te kunnen tonen is in dit onderzoek een sub-optimale N-bemesting gegeven.

Breedwerpige bemesting - Kas

Kas

De breedwerpige bemesting is uitgevoerd volgens de huidige praktijk: N in de vorm van Kalkammonsalpeter (27N%), na poten, voor frezen gestrooid (26 april).

Rijenbemesting – Urean – Spuiloog – Mineralenconcentraat (MC)

Urean

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

Spuiloog

Het Spuiloog was afkomstig uit een chemische luchtwasser (uit stallen) en bevatte 8% N (volledig ammonium-N) en had een s.g. van 1,2 g/ltr.

Mineralenconcentraat

Bij mestscheiding volgens het proces van ultrafiltratie en omgekeerde osmose ontstaat een mineralenconcentraat (MC), dat voornamelijk stikstof en kali bevat en wordt beoogd als kunstmestvervanger. Voor (wettelijke) erkenning als kunstmestvervanger is het belangrijk dat de stikstofwerking van het RO hoog is. Het N-gehalte van het gebruikte MC was 0,92% (volledig ammonium-N), 1,1% K₂O en een s.g. van 1,0 g/tr.

Levering van de meststoffen

Spuihoog is betrokken van CZAV en MC is beschikbaar gesteld door Kumac.

Toediening meststoffen

De basisbemesting is uitgevoerd na poten, voor frezen op 27 april. Op dezelfde dag, direct na toediening is de proef gefreesd. De breedwerpige bemesting is uitgevoerd met de proefveldkunstmeststrooier. De rijenbemesting is toegediend met de slangenpomp-rijenbemester van de NCOR, zie figuur 1 en 2. De meststof werd in de rug gebracht met 2 kouters per rug, beide aan een kant van de gepote aardappel. De plaatsing van de meststof was 10cm naast de knol en zo'n 5cm boven de knol. Vooraf was het de bedoeling om de meststof dieper toe te dienen, maar dat ging niet met deze machine. Het verschil in kali aanvoer is waar nodig aangevuld met kunstmest.

De bijbemesting is gegeven op 14 juni.

De hoogte van de giften staan vermeld in tabel 1.



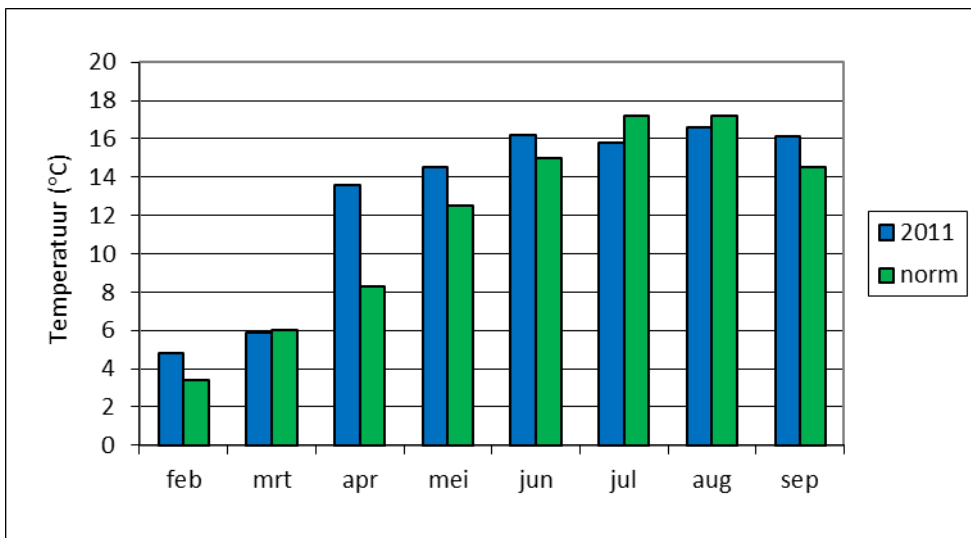
Figuur 1. **Rijenbemester van NCOR , gebruikt voor rijenbemesting, 2 kouters per rug**



Figuur 2. **Rijenbemester van NCOR , gebruikt voor rijenbemesting in werking**

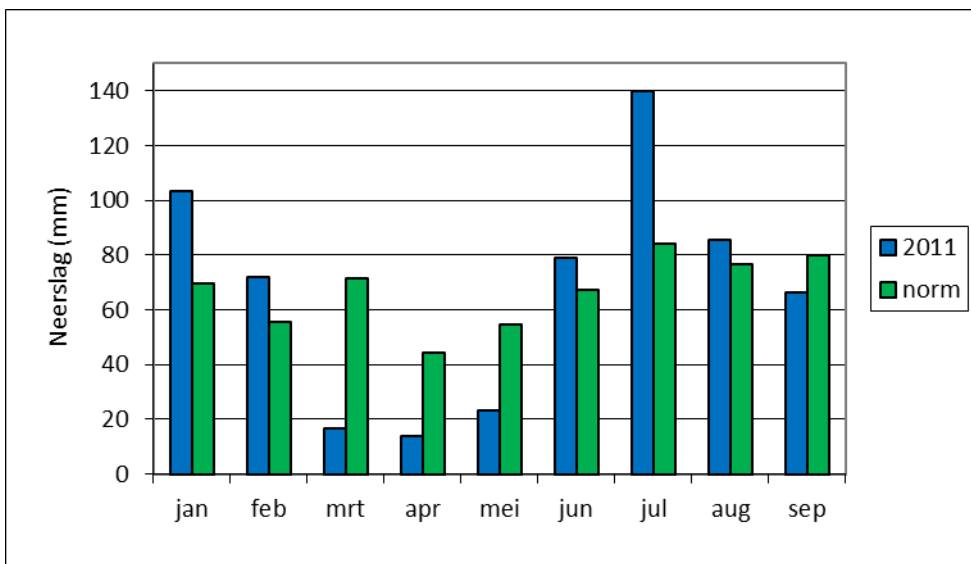
3.4 Weersgegevens

De dagelijkse temperatuur- en neerslaggegevens zijn weergegeven in bijlage 3 en 4. In figuur 3 en 4 zijn de gemiddelde temperatuur per maand en de totale neerslag per maand weergegeven.



Norm = gemiddelde temperatuur 1971 t/m 2000, Rotterdam (bron: KNMI)

Figuur 3. Gemiddelde gewastemperatuur (°C), 2011, Westmaas (ZH)



Norm = gemiddelde neerslag 1974 t/m 2011, Westmaas

Figuur 4. Neerslag (mm), 2011, Westmaas (ZH)

Het jaar 2011 kenmerkte zich door een lange droge periode in het voorjaar. Vanaf half juni is het gaan regenen. Daarna is er regelmatig regen gevallen, meer dan gemiddeld tot aan de oogst toe.

4 Resultaten

4.1 Gewaswaarnemingen gedurende het seizoen

4.1.1 Grondbedekking

Op 14 april is de proef gepoot. Op 19 mei stond 90% van de planten boven. Op 23 mei had de hele proef zo'n 15% grondbedekking met groen loof. Daarna is gedurende het seizoen een aantal keer het percentage grondbedekking met groen loof bepaald. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3. **Grondbedekking met groen loof (%) (n=4)**

Object	Basis			Bijbemesting		Grondbedekking									
	Gift (kg N/ha)	Meststof	Toepassing	Gift (kg N/ha)	Mest- stof	15 jun		4 jul		19 jul		11 aug		25 aug	
A ¹⁾	0	-	-	0	-	34	a	69	a	64	a	36	a	14	ab
B ²⁾	0	-	-	0	-	38	ab	68	a	64	a	31	a	8	a
C	50	Kas	Breedwerpig	0	-	43	abc	90	bc	93	bc	56	b	29	ab
G	50	Urean	In de rij	0	-	50	bcd	85	b	84	b	53	b	18	ab
D	100	Kas	Breedwerpig	0	-	54	cde	96	c	96	c	82	c	40	b
H	100	Urean	In de rij	0	-	54	cde	95	c	99	c	91	cd	68	c
E	150	Kas	Breedwerpig	0	-	58	de	95	bc	99	c	90	cd	73	cd
J	150	Urean	In de rij	0	-	59	de	96	c	99	c	94	cd	87	cd
F	200	Kas	Breedwerpig	0	-	60	de	99	c	99	c	100	d	80	cd
K	200	Urean	In de rij	0	-	60	de	97	c	100	c	94	cd	83	cd
L	150	Kas	Breedwerpig	50	Kas	58	de	97	c	99	c	95	d	76	cd
N	150	Urean	In de rij	50	Kas	58	de	95	c	100	c	99	d	94	cd
Q	150	Spuloog	In de rij	50	Kas	65	e	95	c	100	c	100	d	87	cd
T	150	MC	In de rij	50	Kas	54	cde	95	c	100	c	100	d	93	cd
M	200	Kas	Breedwerpig	50	Kas	59	de	95	bc	98	c	100	d	76	cd
P	200	Urean	In de rij	50	Kas	59	de	96	c	100	c	100	d	94	cd
R	200	Spuloog	In de rij	50	Kas	66	e	95	c	100	c	98	d	80	cd
V	200	MC	In de rij	50	Kas	58	de	95	c	100	c	99	d	95	d
Lsd						13		10		12		12		27	
F-prob ($\alpha = 0,05$)						<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

¹⁾ Geen kouter door de grond, toelichting zie Hoofdstuk 3 Proefopzet

²⁾ Wel een kouter door de grond, toelichting zie Hoofdstuk 3 Proefopzet

Kouter

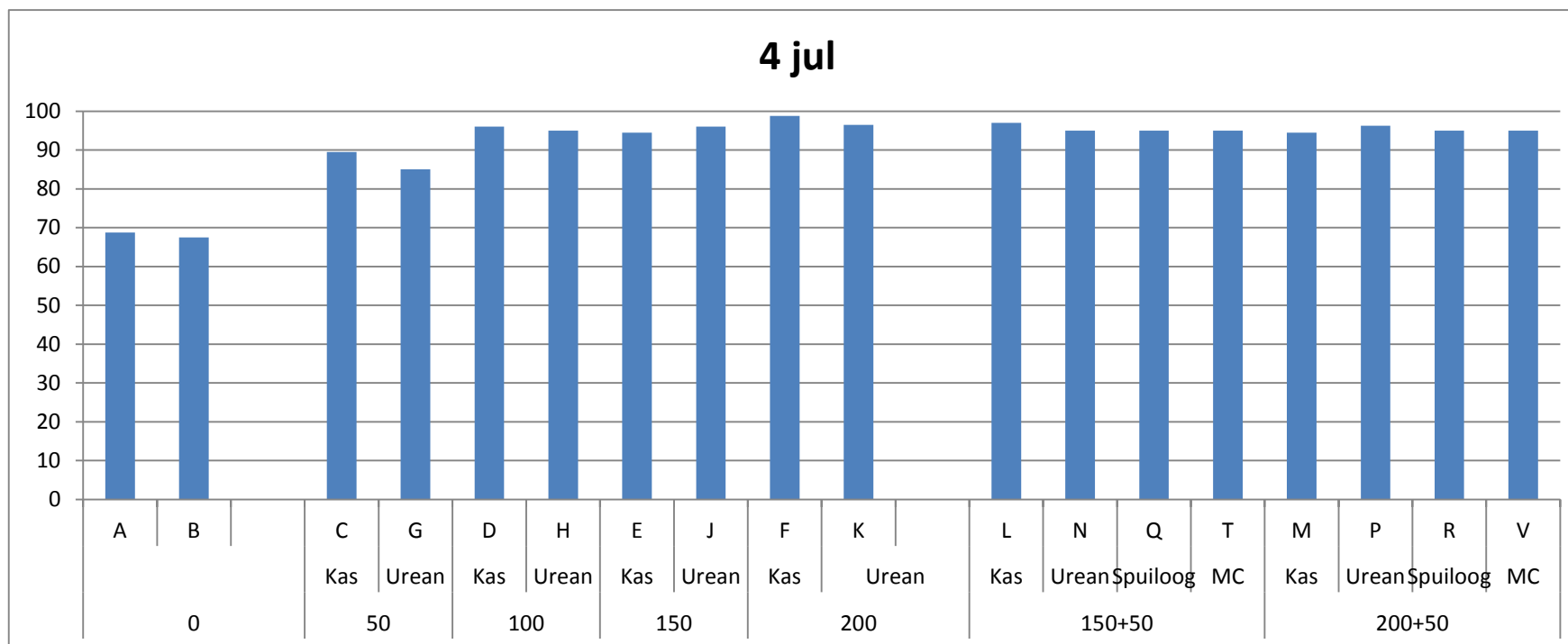
Het gebruik van een kouter was niet van invloed op de groei van het gewas.

Breedwerpig versus rijenbemesting, object A t/m K

De verschillen in % grondbedekking met groen loof werden veroorzaakt door de hoogte van de gift: hoe hoger de N-gift hoe eerder het gewas dicht groeide en hoe langer het groen bleef. Er was geen verschil tussen breedwerpige en rijentoediening.

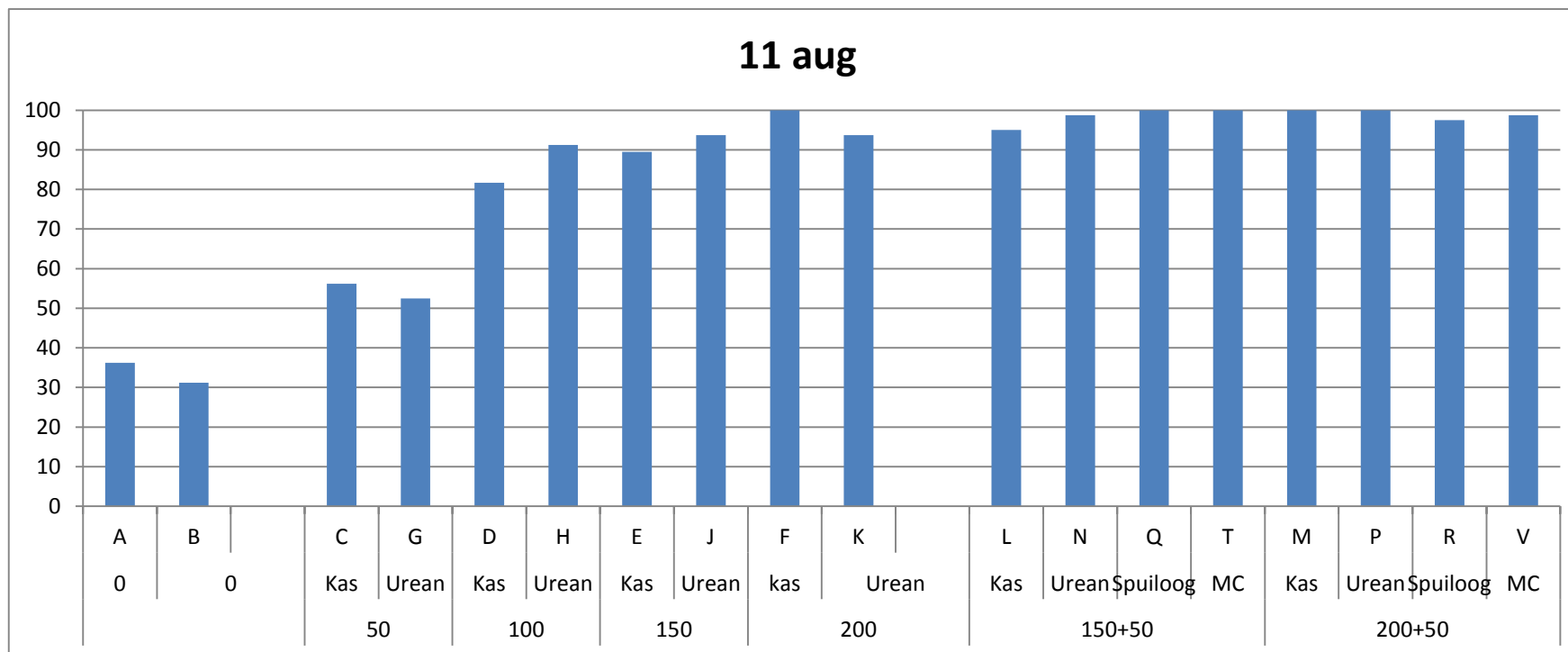
Meststoffen object L t/m V

De meststoffen waren niet of nauwelijks van invloed op de snelheid van dichtgroeien van het gewas.



Figuur 5. **Grondbedekking met groen loof (%), 4 juli (n=4)**

Op 4 juli, bij het dichtgroeien van het gewas bleek alleen de hoogte van de N-gift van invloed op het percentage grondbedekking. Er was geen verschil tussen rijenbemesting en breedwerpig, of tussen de verschillende meststoffen.



Figuur 6. **Grondbedekking met groen loof (%), 11 augustus (n=4)**

Op 11 augustus, bij het afsterven van het gewas bleek alleen de hoogte van de N-gift van invloed op het percentage grondbedekking. Er was geen verschil tussen rijenbemesting en breedwerpig, of tussen de verschillende meststoffen.

4.1.2 Kleur van het gewas

Op 19 juli en 11 augustus is de kleur van het gewas waargenomen. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.

Tabel 4. **Kleur van het gewas³⁾ (n=4)**

Object	Basis			Bijbemesting		Kleur			
	Gift (kg N/ha)	Meststof	Toepassing	Gift (kg N/ha)	Mest- stof	19 jul		11 aug	
A ¹⁾	0	-	-	0	-	5.3	a	4.3	ab
B ²⁾	0	-	-	0	-	5.3	a	4.1	a
C	50	Kas	Breedwerpig	0	-	7.0	b	5.1	cd
G	50	Urean	In de rij	0	-	6.8	b	4.9	bc
D	100	Kas	Breedwerpig	0	-	8.3	c	5.6	d
H	100	Urean	In de rij	0	-	8.3	c	5.8	d
E	150	Kas	Breedwerpig	0	-	9.0	d	7.0	ef
J	150	Urean	In de rij	0	-	8.8	cd	7.0	ef
F	200	Kas	Breedwerpig	0	-	9.0	d	7.8	gh
K	200	Urean	In de rij	0	-	8.5	cd	6.8	e
L	150	Kas	Breedwerpig	50	Kas	9.0	d	7.8	gh
N	150	Urean	In de rij	50	Kas	9.0	d	7.5	fgh
Q	150	Spuiloog	In de rij	50	Kas	9.0	d	7.6	fgh
T	150	MC	In de rij	50	Kas	9.0	d	7.8	gh
M	200	Kas	Breedwerpig	50	Kas	8.8	cd	7.9	gh
P	200	Urean	In de rij	50	Kas	9.0	d	7.6	fgh
R	200	Spuiloog	In de rij	50	Kas	9.0	d	7.3	efg
V	200	MC	In de rij	50	Kas	9.0	d	8.0	h
Lsd						0.7		0.7	
F-prob ($\alpha = 0,05$)						<0.001		<0.001	

¹⁾ Geen kouter door de grond, toelichting zie Hoofdstuk 3 Proefopzet

²⁾ Wel een kouter door de grond, toelichting zie Hoofdstuk 3 Proefopzet

³⁾ 9 = donkergroen, 7 = groen, 5 is erg lichtgroen, 4 = lichtgroen/geel

Kouter

Het gebruik van een kouter was niet van invloed op de kleur van het gewas.

Breedwerpig versus rijenbemesting, object A t/m K

De verschillen in kleur werden veroorzaakt door de hoogte van de gift: hoe hoger de N-gift hoe donkerder het gewas. Er was nauwelijks verschil tussen breedwerpige en rijtoediening.

Meststoffen object L t/m V

Er waren geen duidelijke verschillen tussen de meststoffen in gewaskleur.

4.2 Opbrengst en kwaliteit

4.2.1 Opbrengst

Op 26 september is de proef geoogst. Per veldje is 1,5m x 8m geroid. De opbrengst en sortering zijn bepaald en zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5. **Bruto³⁾ opbrengst (ton/ha) (n=4)**

Object	Basis			Bijbemesting		Sortering (mm)						Totaal				
	Gift (kg N/ha)	Meststof	Toepassing	Gift (kg N/ha)	Mest- stof	0-28	28-40	40-50	50-70	>70	Bruto	Netto ⁴⁾ >40				
A ¹⁾	0	-	-	0	-	0.0	0.3	2.7	36.0	ef	12.2	a	51.3	a	50.2	a
B ²⁾	0	-	-	0	-	0.0	0.5	2.7	33.0	bcdef	14.8	ab	51.0	a	49.4	a
C	50	Kas	Breedwerpig	0	-	0.0	0.5	2.6	36.4	f	25.2	abc	64.7	bc	62.3	bc
G	50	Urean	In de rij	0	-	0.0	0.4	2.6	31.1	abcde	28.0	bcd	62.1	ab	60.2	ab
D	100	Kas	Breedwerpig	0	-	0.0	0.4	2.4	34.0	def	32.1	cde	69.0	bcd	66.6	bcd
H	100	Urean	In de rij	0	-	0.0	0.5	2.2	31.6	abcdef	36.4	cdef	70.6	bcde	68.0	bcde
E	150	Kas	Breedwerpig	0	-	0.1	0.5	2.3	32.9	bcdef	39.5	cdef	75.2	cde	73.1	cde
J	150	Urean	In de rij	0	-	0.0	0.4	1.9	28.1	abc	44.8	ef	75.2	cde	72.8	cde
F	200	Kas	Breedwerpig	0	-	0.1	0.5	2.1	33.2	cdef	42.4	ef	78.3	de	75.4	de
K	200	Urean	In de rij	0	-	0.0	0.6	2.7	31.5	abcdef	41.3	def	76.1	de	73.0	cde
L	150	Kas	Breedwerpig	50	Kas	0.0	0.4	2.8	36.6	f	35.3	cdef	75.2	cde	72.8	cde
N	150	Urean	In de rij	50	Kas	0.0	0.4	1.8	28.8	abc	47.8	f	78.8	de	76.1	de
Q	150	Spuloog	In de rij	50	Kas	0.1	0.5	1.8	30.3	abcd	47.9	f	80.6	e	78.4	e
T	150	MC	In de rij	50	Kas	0.1	0.5	2.4	27.9	ab	45.8	ef	76.7	de	74.7	de
M	200	Kas	Breedwerpig	50	Kas	0.0	0.4	2.3	33.0	bcdef	41.2	def	76.9	de	74.7	de
P	200	Urean	In de rij	50	Kas	0.1	0.5	1.9	27.7	a	47.8	f	77.9	de	73.9	de
R	200	Spuloog	In de rij	50	Kas	0.0	0.4	2.3	28.8	abc	48.5	f	80.0	de	77.5	de
V	200	MC	In de rij	50	Kas	0.1	0.5	2.7	30.0	abcd	46.7	f	80.0	de	77.5	de
Lsd						0.0	0.2	0.8	5.2		14.4		11.4		11.3	
F-prob ($\alpha = 0,05$)						n.s.	n.s.	n.s.	<0.01		<0.001		<0.001		<0.001	

¹⁾ Geen kouter door de grond, toelichting zie Hoofdstuk 3 Proefopzet

²⁾ Wel een kouter door de grond, toelichting zie Hoofdstuk 3 Proefopzet

³⁾ Bruto opbrengst = netto opbrengst + uitval

⁴⁾ Netto opbrengst = bruto opbrengst minus uitval, sortering >40mm

De totale bruto opbrengst is ook weergegeven in figuur 7 en 8.

Uitval

Uitval bestond uit misvorming, groen en groeischeuren en bedroeg zo'n 0,5 ton/ha. Er waren geen significant betrouwbare verschillen in hoeveelheid uitval per ha. Ook was er geen verschil tussen de objecten in soort uitval (misvorming, groen of groeischeuren).

Kouter

Er was geen effect van het gebruik van een kouter bij de toediening van de meststoffen.

Breedwerpig versus rijenbemesting, object A t/m K

Hoe hoger de gift, hoe hoger de opbrengst.

Er waren geen significant betrouwbare verschillen tussen de breedwerpige toepassing met Kas en de rijenbemesting met Urean, behalve in de sortering 50-70mm. Bij 50 en 150 kg N/ha had de breedwerpige bemesting een hogere opbrengst in deze sortering dan de rijenbemesting.

Meststoffen object L t/m V

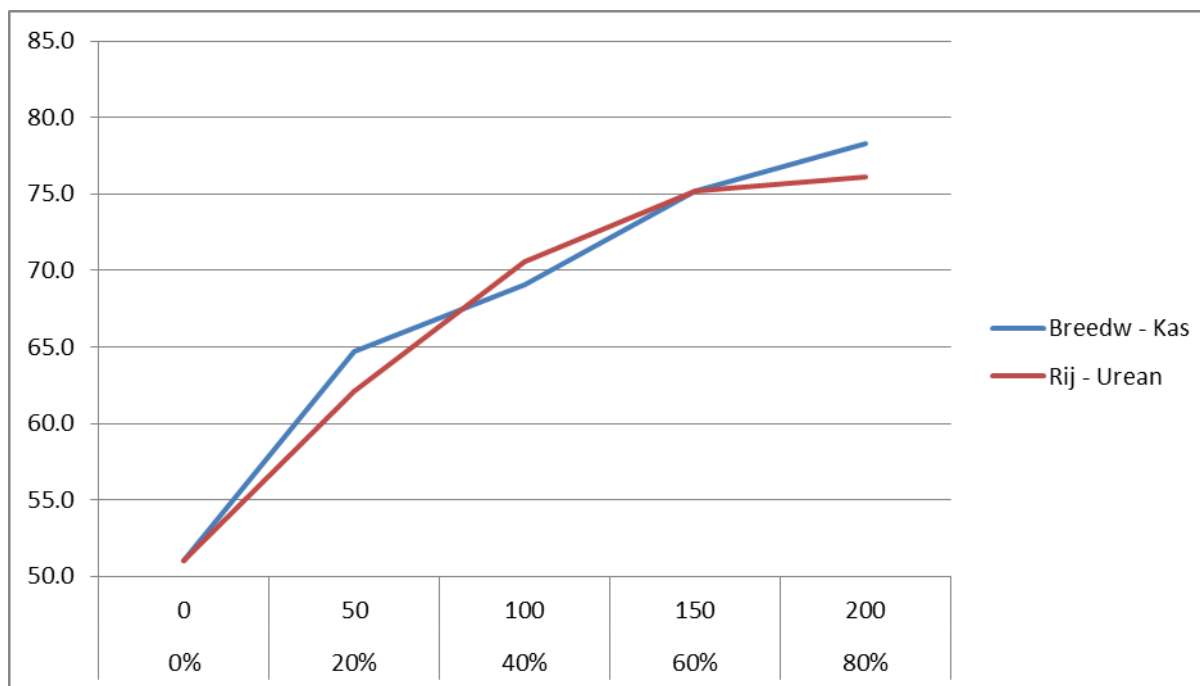
Totale opbrengst:

Er was geen significant verschil in bruto of netto opbrengst tussen de verschillende meststoffen.

Sortering:

De Kas-objecten (L en M) had bij 150 + 50 kg N/ha significant meer opbrengst in de sortering 50-70mm dan de andere meststoffen (Urean, Spuuloog en MC) en bij 200 + 50 kg N/ha significant meer dan bij Urean. De Kas-objecten hadden ook minder opbrengst in de sortering >70mm, maar dit was geen significant betrouwbaar verschil.

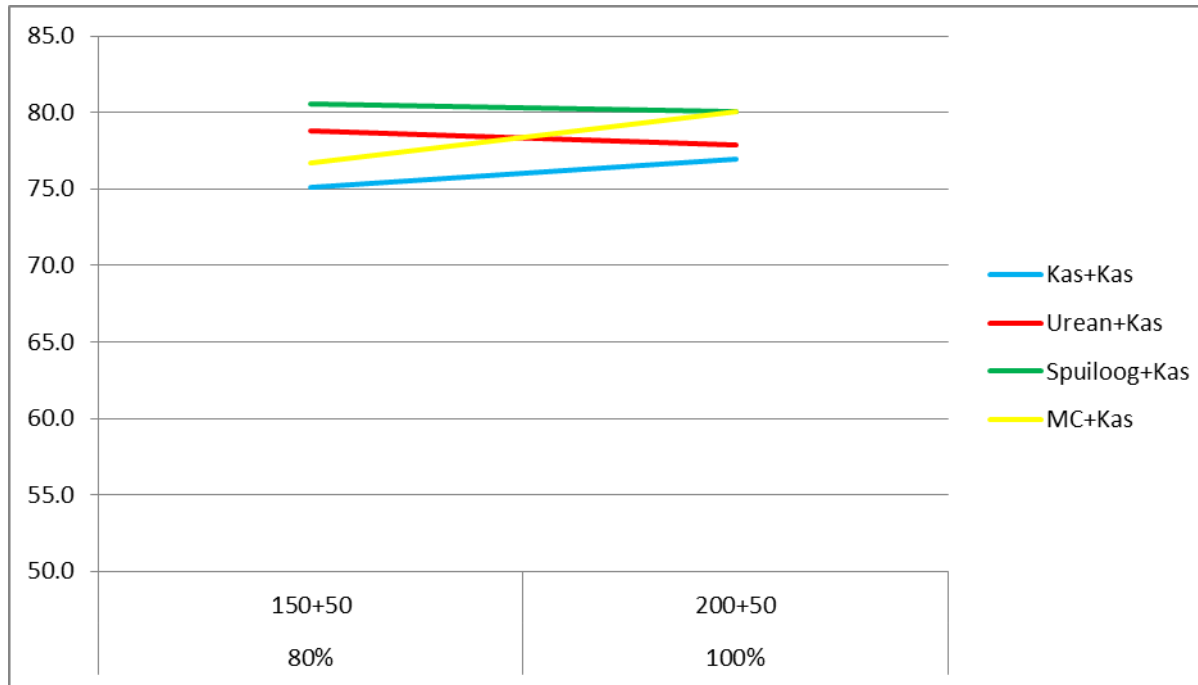
De bruto opbrengst is ook weergegeven in figuur 7 (vergelijking rijenbemesting versus breedwerpig) en 8 (vergelijking meststoffen).



Figuur 7. **Bruto opbrengst y-as (ton/ha) per N-gift x-as (kg N/ha), breedwerpige versus rijenbemesting (n=4)**
Op de x-as het percentage N t.o.v. de totale maximale adviesgift (ca 250 kg N/ha)

Er was geen significant verschil in totale bruto opbrengst tussen Kas breedwerpig en Urean in de rij. In het traject 0 tot 150 bij Urean in de rij en bij Kas breedwerpig tot 200 kg N/ha was er een duidelijke respons op de N-bemesting. Een verschil in N-benutting c.q. N-opname tussen KAS breedwerpig of Urean in de rij zou dan in dit traject het duidelijkst tot uiting moeten komen. In het traject 200-250 kg N/ha was er geen duidelijke respons meer, zie figuur 8. 250 kg N/ha was een overmaatsituatie wat betreft stikstof. Verschillen in benutting zijn dan niet goed meer vast te stellen. Ze zijn het beste vast te stellen bij suboptimaal N-aanbod.

Op basis van de opbrengstrespons kwam geen verschil naar voren in stikstofbenutting tussen breedwerpige bemesting met Kas en rijenbemesting met Urean (zie bijlage 4).



Figuur 8. **Bruto opbrengst (ton/ha), vergelijking tussen de meststoffen (n = 4)**

Een hogere gift resulteerde niet in een significant hogere opbrengst.
 Er was geen significant betrouwbaar verschil in opbrengst tussen de meststoffen.

4.2.2 Aantal knollen

Van de geoogste aardappels is het aantal knollen per ha bepaald. De resultaten zijn weergegeven in tabel 6.

Tabel 6. Aantal knollen (x 1.000) per ha (n=4)

Object	Basis			Bijbemesting		Sortering (mm)						Totaal				
	Gift (kg N/ha)	Meststof	Toepassing	Gift (kg N/ha)	Mest- stof	0-28	28-40	40-50	50-70	>70	Bruto	Netto >40				
A ¹⁾	0	-	-	0	-	2	10	35	204	g	39	a	290	ab	274	ab
B ²⁾	0	-	-	0	-	3	12	35	192	defg	42	a	284	a	264	a
C	50	Kas	Breedwerpig	0	-	2	14	34	200	fg	72	ab	322	cdef	298	bcde
G	50	Urean	In de rij	0	-	3	12	33	177	abcdefg	80	bc	304	abc	283	abc
D	100	Kas	Breedwerpig	0	-	3	11	31	185	cdefg	91	bcd	322	cdef	298	bcde
H	100	Urean	In de rij	0	-	2	11	28	168	abcdef	100	bcde	309	abcd	287	abcd
E	150	Kas	Breedwerpig	0	-	3	11	29	174	abcdefg	109	bcde	326	cdef	304	bcde
J	150	Urean	In de rij	0	-	3	10	24	151	ab	123	de	311	abcd	289	abcd
F	200	Kas	Breedwerpig	0	-	4	13	26	173	abcdefg	120	de	336	def	309	cde
K	200	Urean	In de rij	0	-	3	15	35	172	abcdefg	113	cde	337	def	308	cde
L	150	Kas	Breedwerpig	50	Kas	3	11	36	198	efg	100	bcde	348	f	324	e
N	150	Urean	In de rij	50	Kas	3	11	22	153	abc	128	e	318	bcde	294	abcde
Q	150	Spui loog	In de rij	50	Kas	4	13	22	164	abcde	132	e	335	def	310	cde
T	150	MC	In de rij	50	Kas	3	13	32	155	abc	133	e	337	def	313	cde
M	200	Kas	Breedwerpig	50	Kas	2	11	30	182	bcdefg	109	bcde	334	def	314	de
P	200	Urean	In de rij	50	Kas	3	13	24	148	a	126	de	313	abcde	285	abcd
R	200	Spui loog	In de rij	50	Kas	3	11	29	152	abc	130	e	325	cdef	303	bcde
V	200	MC	In de rij	50	Kas	4	14	34	162	abcd	129	e	343	ef	315	de
Lsd						3	6	10	34		37		30		30	
F-prob ($\alpha = 0,05$)						n.s.	n.s.	<0.10	<0.05		<0.001		<0.01		<0.05	

¹⁾ Geen kouter door de grond, toelichting zie Hoofdstuk 3 Proefopzet

²⁾ Wel een kouter door de grond, toelichting zie Hoofdstuk 3 Proefopzet

Kouter

Er was geen effect van het kouter op het aantal knollen per ha.

Breedwerpig versus rijenbemesting, object A t/m K

Er was een tendens dat Kas breedwerpig totaal bruto en netto meer knollen per ha had dan Urean in de rij. De verschillen waren niet significant betrouwbaar.

Meststoffen object L t/m V

Bij de gift van 150 + 50 kg N/ha had Kas breedwerpig bruto meer knollen per ha dan Urean in de rij. Verder waren er wat significant betrouwbare verschillen in de sortering 50-70mm.

4.2.3 Onderwatergewicht

Van de aardappels is het onderwatergewicht (owg) bepaald. De resultaten zijn weergegeven in tabel 7.

Tabel 7. **Onderwatergewicht (n=4)**

Object	Basis			Bijbemes- ting		Onderwater- gewicht	
	Gift (kg N/ha)	Meststof	Toepassing	Gift (kg N/ha)	Mest- stof		
A ¹⁾	0	-	-	0	-	448	g
B ²⁾	0	-	-	0	-	447	g
C	50	Kas	Breedwerpig	0	-	443	fg
G	50	Urean	In de rij	0	-	434	fg
D	100	Kas	Breedwerpig	0	-	440	bcd
H	100	Urean	In de rij	0	-	427	bcd
E	150	Kas	Breedwerpig	0	-	416	efg
J	150	Urean	In de rij	0	-	426	def
F	200	Kas	Breedwerpig	0	-	416	cdef
K	200	Urean	In de rij	0	-	417	bcd
L	150	Kas	Breedwerpig	50	Kas	415	bcd
N	150	Urean	In de rij	50	Kas	411	bcde
Q	150	Spuiloog	In de rij	50	Kas	418	bcd
T	150	MC	In de rij	50	Kas	410	ab
M	200	Kas	Breedwerpig	50	Kas	418	bcde
P	200	Urean	In de rij	50	Kas	403	bcd
R	200	Spuiloog	In de rij	50	Kas	414	abc
V	200	MC	In de rij	50	Kas	393	a
Lsd						17	
F-prob ($\alpha = 0,05$)						<0.001	

¹⁾ Geen kouter door de grond, toelichting zie Hoofdstuk 3 Proefopzet

²⁾ Wel een kouter door de grond, toelichting zie Hoofdstuk 3 Proefopzet

Het owg is ook weergegeven in grafiek 9.

Kouter

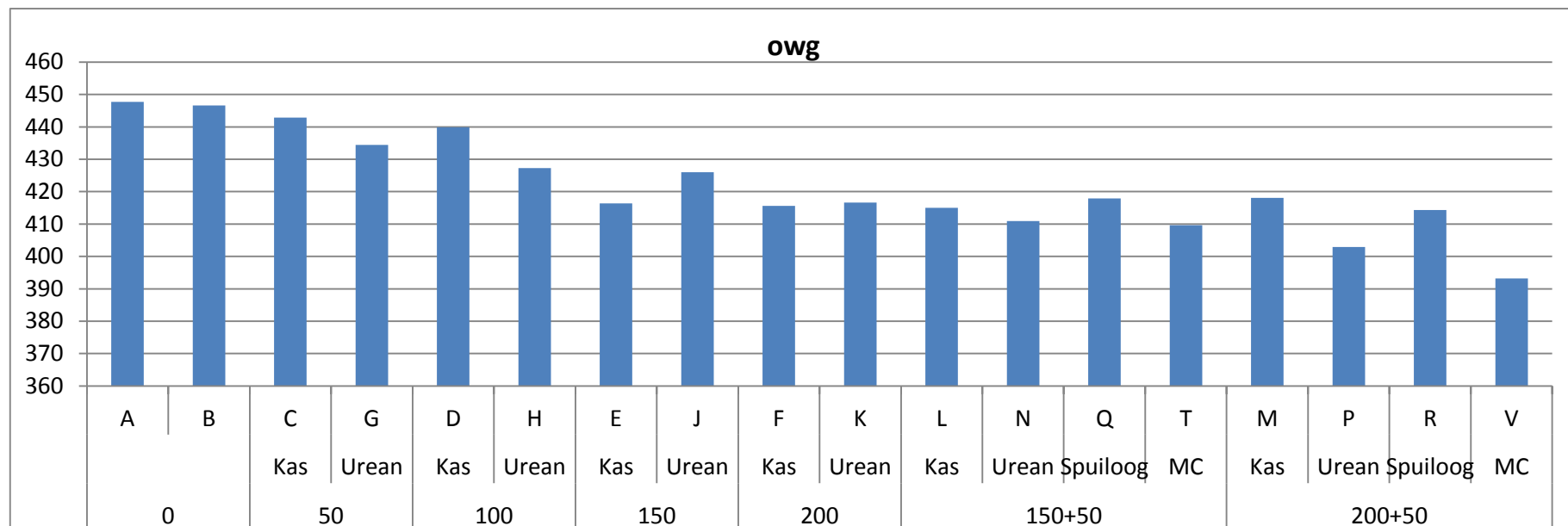
Er was geen effect van het kouter op het owg.

Breedwerpig versus rijenbemesting, object A t/m K

Er was geen verschil tussen breedwerpige en rijenbemesting.

Meststoffen object L t/m V

Er was geen verschil in owg tussen de meststoffen, behalve object V, MC 200 + 50 kg N/ha had een significant lager owg dan Kas en Urean.



Figuur 9. **Onderwatergewicht (n=4)**

4.3 N-opname door de aardappelknollen

Van de geogste knollen is het N-gehalte bepaald. Met behulp van de opbrengstcijfers is de totale N-opname door de knollen berekend. De resultaten zijn weergegeven in tabel 8.

Tabel 8. N-opname door de aardappelknollen (kg N/ha) (n=4)

Object	Basis			Bijbemesting		N-opname	
	Gift (kg N/ha)	Meststof	Toepassing	Gift (kg N/ha)	Mest- stof		
A ¹⁾	0	-	-	0	-	95	a
B ²⁾	0	-	-	0	-	99	a
C	50	Kas	Breedwerpig	0	-	141	bc
G	50	Urean	In de rij	0	-	133	b
D	100	Kas	Breedwerpig	0	-	156	bc
H	100	Urean	In de rij	0	-	171	cd
E	150	Kas	Breedwerpig	0	-	195	de
J	150	Urean	In de rij	0	-	194	de
F	200	Kas	Breedwerpig	0	-	218	e
K	200	Urean	In de rij	0	-	199	de
L	150	Kas	Breedwerpig	50	Kas	198	de
N	150	Urean	In de rij	50	Kas	213	e
Q	150	Spuiloog	In de rij	50	Kas	214	e
T	150	MC	In de rij	50	Kas	199	de
M	200	Kas	Breedwerpig	50	Kas	201	de
P	200	Urean	In de rij	50	Kas	219	e
R	200	Spuiloog	In de rij	50	Kas	224	e
V	200	MC	In de rij	50	Kas	221	e
Lsd						32	
F-prob ($\alpha = 0,05$)						<0.001	

¹⁾ Geen kouter door de grond, toelichting zie Hoofdstuk 3 Proefopzet

²⁾ Wel een kouter door de grond, toelichting zie Hoofdstuk 3 Proefopzet

Er was een sterke reactie op de N opname bij giften lager dan 150 kg/ha. Er was nauwelijks tot geen extra opname bij de giften > 200 kg N/ha.

Kouter

Er was geen effect van het kouter op de N-opname per ha.

Breedwerpig versus rijenbemesting, object A t/m K

Er was geen hogere N-opname / betere N-benutting door rijenbemesting dan bij breedwerpige bemesting (zie ook bijlage 4).

Meststoffen object L t/m V

Er was geen verschil in N-opname tussen de meststoffen.

5 Conclusies en bespreking

Breedwerpig of rijenbemesting?

De bemesting met Kas breedwerpig en Urean in de rij gaven dezelfde resultaten.

Er was geen verschil in groei van het gewas, in tijdstip van afsterven, in opbrengst en kwaliteit.

In deze proef kon niet bespaard worden op stikstof door stikstof in de vorm van Urean toe te passen in de rij.

Meststoffen: vergelijking van Spuihoog en Mineralenconcentraat met Kas en Urean

Spuihoog en Mineralenconcentraat hebben even goed gewerkt als Kas en Urean. Er was nauwelijks tot geen effect van de meststoffen op de snelheid van dichtgroeien van het gewas, gewaskleur, bruto opbrengst, uitval en N-opname door de knollen. Er waren wel wat verschillen in aantal knollen per ha en onderwatergewicht.

Bij een N-gift van 200 kg N/ha nam de opbrengst niet tot nauwelijks nog toe t.o.v. 150 kg N/ha. Dit kan ertoe bijgedragen hebben dat er ook nauwelijks verschillen waren in de werking van de meststoffen. Maar als het gewas tekort had gehad aan stikstof, dan was dat wellicht ook in dit onderzoek naar voren gekomen.

Uit dit onderzoek in dit jaar op dit perceel blijkt dat Spuihoog en Mineralenconcentraat even goed ingezet kunnen worden als Kas en Urean bij de basisbemesting in aardappelen.

In een volgend onderzoek is het van belang om weer te kiezen voor een suboptimale N-gift bij de meststoffenvergelijking, of zelfs voor een hele N-trappenreeks met alle meststoffen.

Kouter

Uit eerder onderzoek, bijv. bij suikerbieten, bleek dat het wel of niet gebruiken van een kouter soms invloed had op de opbrengst. Daarom is in deze proef het object met 0 kg N/ha aangelegd met en zonder gebruik van een kouter. Het bleek dat in deze proef het gebruik van een kouter geen effect gehad heeft op de groei van het gewas, de opbrengst of de kwaliteit.

Dit geeft geen garantie voor alle (praktijk) toepassingen met rijenbemesting. De plaatsing van de meststof t.o.v. de knol is namelijk erg belangrijk. De meststof moet zodanig geplaatst worden dat er voldoende afstand is tot de knol, om wortelverbranding zoveel mogelijk te voorkomen. De diepte van plaatsing kan ook een rol spelen. Als er te diep wordt gewerkt, waarbij op klei vaste, niet kruimige grond wordt bovengewerkt, kan dat effect hebben op de groei van de aardappelen.

Overige aspecten

In dit onderzoek zijn niet betrokken de besparingen die inherent zijn aan het gebruik van rijenbemestingssystemen doordat geen verliezen optreden op rijpaden, kopakkers en perceelsranden, omdat die in een rijenbemestingssysteem niet worden bemest.

Opmerking Herre Bartlema:

In dit onderzoek zijn helaas om budgettaire redenen uitsluitend de gangbare kwaliteitskenmerken gemeten. Niet aan de orde zijn daardoor de schilkwaliteit en evenmin de CO₂ voetafdruk per eenheid produkt. Aan deze laatste parameter- van de duurzaamheid- kan in een rapportage als deze eigenlijk niet meer worden voorbijgegaan.

Derhalve komt in de literatuurlijst het onderwerp aan de orde.

6 Literatuurlijst

Door Herre Bartlema

Geel WCA van, Holshof G. Slabbekoorn, H (2011) Dosering van drijfmest en vloeibare meststoffen in een werkgang met de zodebemester-PPL. PPO-AGV, Lelystad en WUR Livestock Reseach.

<http://www.pplnl.nl/Documenten/Resultaten/055.aspx>

A. Haverkort (2011) Footprinting of the potato crop : the carbon case. Presentatie voor het Wageningen Potato Centre 12 oktober 2011

Wit CT de (1953) A Physical theory on placement of fertilizers. Dissertatie. Puduc Wageningen pag 67

YARA-UK website, subhoofdstuk: placement of fertilizers

http://www.yara.co.uk/fertilizer/crop_advice/liquid_user/fertilizer_placement/index.aspx

Bijlage 1. Proefveldschema



Proefveldschema

7 M	14 J	21 -		28 -	35 D	42 K	49 E	56 B	63 -		70 -	77 L	84 P
6 L	13 P	20 Q		27 V	34 F	41 H	48 C	55 G	62 R		69 T	76 A	83 J
5 F	12 N	19 R		26 T	33 M	40 P	47 M	54 N	61 Q		68 V	75 E	82 G
4 E	11 G	18 -		25 -	32 A	39 J	46 D	53 K	60 -		67 -	74 C	81 H
3 D	10 H	17 R		24 V	31 E	38 B	45 L	52 P	59 R		66 T	73 M	80 N
2 C	9 K	16 Q		23 T	30 L	37 N	44 A	51 J	58 Q		65 V	72 F	79 B
1 A	8 B	15 -		22 -	29 C	36 G	43 F	50 H	57 -		64 -	71 D	78 K
3m	3m	3m	< 6m >	3m	3m	3m	3m	3m	3m	< 6m >	3m	3m	3m

^
10m
v

Bijlage 2. Temperatuur

Temperatuur gewas (°C), 2011, Westmaas (ZH)

Dag	februari			maart			april			mei			juni			juli			augustus			september		
	min	gem	max	min	gem	max	min	gem	max	min	gem	max	min	gem	max	min	gem	max	min	gem	max	min	gem	max
1	-3	-1	1	3	3	4	10	12	16	8	14	21	5	14	21	9	14	19	9	15	22	7	14	21
2	2	3	4	-1	3	7	8	15	24	7	12	17	6	16	24	9	14	19	11	18	26	10	17	25
3	4	5	8	-1	2	6	9	11	15	4	10	16	13	20	26	9	15	21	16	19	20	14	20	28
4	5	8	10	-2	1	7	7	10	14	0	9	16	15	22	30	8	16	24	13	18	25	17	18	20
5	10	10	11	-1	3	7	7	9	12	5	12	20	15	17	21	10	18	26	16	19	23	12	16	19
6	8	10	11	0	3	7	10	15	22	7	16	25	13	16	22	15	18	21	14	18	24	14	16	17
7	6	8	10	-2	2	8	8	12	18	11	20	29	12	16	22	12	17	23	14	16	21	14	16	18
8	-1	5	10	-4	3	11	5	12	18	16	21	28	11	15	19	14	17	22	13	16	19	14	15	17
9	-2	2	8	3	6	10	4	10	18	13	17	23	11	14	19	14	17	22	12	14	16	16	18	20
10	4	7	10	4	7	10	4	12	21	12	17	24	7	13	21	12	17	23	9	15	20	15	21	26
11	7	9	10	4	7	11	5	13	22	9	16	21	8	12	17	10	18	25	15	17	21	15	17	19
12	5	7	9	3	8	13	6	9	12	10	14	18	6	14	20	15	18	25	16	18	22	14	17	20
13	3	6	8	9	11	13	1	9	15	10	14	19	13	16	19	13	14	15	15	17	19	14	16	20
14	3	6	8	4	11	16	4	9	13	8	12	17	13	18	23	12	13	13	14	17	19	12	14	18
15	2	5	9	8	11	16	5	12	17	9	12	15	10	17	24	12	17	23	13	17	22	11	15	21
16	4	7	11	6	8	12	4	12	19	11	13	15	13	15	17	13	16	19	13	17	22	10	15	20
17	1	5	11	5	5	6	6	13	20	12	15	18	11	14	18	13	15	18	15	18	22	14	15	17
18	0	1	2	5	6	8	5	14	21	11	14	16	13	15	17	14	14	16	14	16	19	10	13	18
19	1	3	5	0	5	11	9	17	26	11	14	17	12	14	17	12	16	21	13	17	20	9	14	18
20	0	1	3	-2	4	13	7	17	26	5	13	21	10	15	20	13	17	21	11	16	23	13	16	19
21	-2	-1	2	-1	6	15	8	17	27	5	15	24	14	17	21	15	16	19	14	19	27	14	16	19
22	-5	-2	2	-1	8	16	9	18	29	13	15	18	13	15	17	14	15	18	15	18	23	13	15	19
23	-3	0	3	0	7	15	13	20	28	10	15	22	13	16	20	10	13	17	16	18	22	11	15	20
24	2	6	10	1	9	16	9	19	28	11	14	17	10	16	21	12	13	14	16	18	19	8	14	22
25	6	8	10	4	9	16	8	17	26	8	16	23	11	14	17	9	14	20	11	17	22	9	16	25
26	6	8	9	0	5	8	8	16	23	12	15	17	16	19	24	14	15	17	16	17	20	12	17	23
27	5	6	6	-	0	-100	9	12	17	11	13	15	15	23	31	14	17	21	12	15	16	12	17	25
28	2	3	4	-2	6	12	11	14	21	11	13	16	19	23	31	15	18	23	12	14	16	11	17	27
29				-2	7	17	8	16	24	12	16	21	14	17	20	13	16	18	13	14	16	13	20	29
30				2	8	16	10	16	23	11	19	28	10	15	21	14	15	16	12	14	18	12	18	29
31				9	11	14				12	14	16				13	15	18	10	14	17			

Bijlage 3. Neerslag

Neerslag (mm), 2011, Westmaas (ZH)

dag	jan.	febr.	maart	april	mei	juni	juli	aug.	sep.
1	0	0	0	4	0	0	10	0	0
2	0	1	0	0	0	0	2	0	0
3	0	1	0	2	0	0	0	0	0
4	4	0	0	0	0	0	0	1	7
5	0	0	0	0	0	0	0	3	4
6	5	0	0	0	0	4	1	0	3
7	17	0	0	0	0	1	0	5	21
8	5	0	0	0	0	6	1	2	9
9	4	0	0	0	2	0	2	11	0
10	0	0	1	0	0	1	1	2	0
11	0	9	0	0	4	5	0	0	11
12	2	23	0	3	0	0	0	3	0
13	36	0	0	0	0	0	16	0	1
14	8	0	0	0	0	1	10	16	1
15	7	3	0	0	2	0	45	1	0
16	0	2	0	0	1	4	0	0	0
17	0	0	0	0	2	17	16	0	0
18	6	0	0	0	0	6	8	0	4
19	0	0	11	0	0	3	1	6	4
20	5	3	0	0	0	4	0	0	0
21	0	0	0	0	0	2	0	0	0
22	0	0	0	0	5	0	3	0	0
23	1	0	0	1	0	2	0	3	0
24	1	4	0	0	0	0	13	8	0
25	2	0	0	0	0	0	9	4	0
26	1	14	0	0	0	6	0	0	0
27	0	12	2	0	7	0	1	9	2
28	0		0	1	0	0	0	6	0
29	0		0	1	1	19	0	7	0
30	0		0	2	0	0	1	0	0
31	0		3		0		0	0	
Totaal	103	72	17	14	24	79	140	85	67

Bijlage 4. Statistische analyse N-benutting

Met behulp van regressieanalyse is de stikstofefficiëntie geschat van Urean toegediend in de rij ten opzichte van KAS breedwerpig toegediend. De efficiëntie van KAS is hierbij op 1 gesteld. De efficiëntie van Urean in de rij is beoordeeld op basis van de respons van de bruto knolopbrengst, de droge-stofopbrengst en de stikstofopname in de knollen.

Het was aanvankelijk de bedoeling om ook de stikstofefficiëntie ten opzichte van KAS te schatten van urean, spuioloog en mineralenconcentraat als basisbemesting in de rij in combinatie met de bijmestgift KAS. Echter, door de vlakke respons op de stikstofgift in het bemeste traject (200-250 kg N per ha) was dit niet mogelijk. Daarom zijn alleen de onbemeste objecten en de objecten met enkel een basisbemesting stikstof opgenomen in de analyse.

Bij de analyse zijn drie verschillende responsmodellen vergeleken:

1. Een 1^e graad polynoom. Hierbij wordt de respons beschreven door een rechte lijn.

$$Y = R_r + C_c + \alpha_i + \beta(N_{KAS} + E * Urean) + \varepsilon \quad (1)$$

2. En 2^e graads polynoom ofwel parabool. Hierbij heeft de respons een maximum en kan bij (te) hoge bemesting weer kan gaan dalen.

$$Y = R_r + C_c + \alpha_i + \beta(N_{KAS} + E * Urean) + \gamma(N_{KAS} + E * Urean)^2 + \varepsilon \quad (2)$$

3. Een exponentieel model. Hierbij stijgt de opbrengst steeds minder snel, naarmate de N gift toeneemt (volgens de wet van de afnemende meeropbrengst), waardoor de curve afvlakt en tegen een opbrengstplafond aankomt.

$$Y = R_r + C_c + \alpha_i + \gamma e^{\beta(N_{KAS} + E * Urean)} + \varepsilon \quad (3)$$

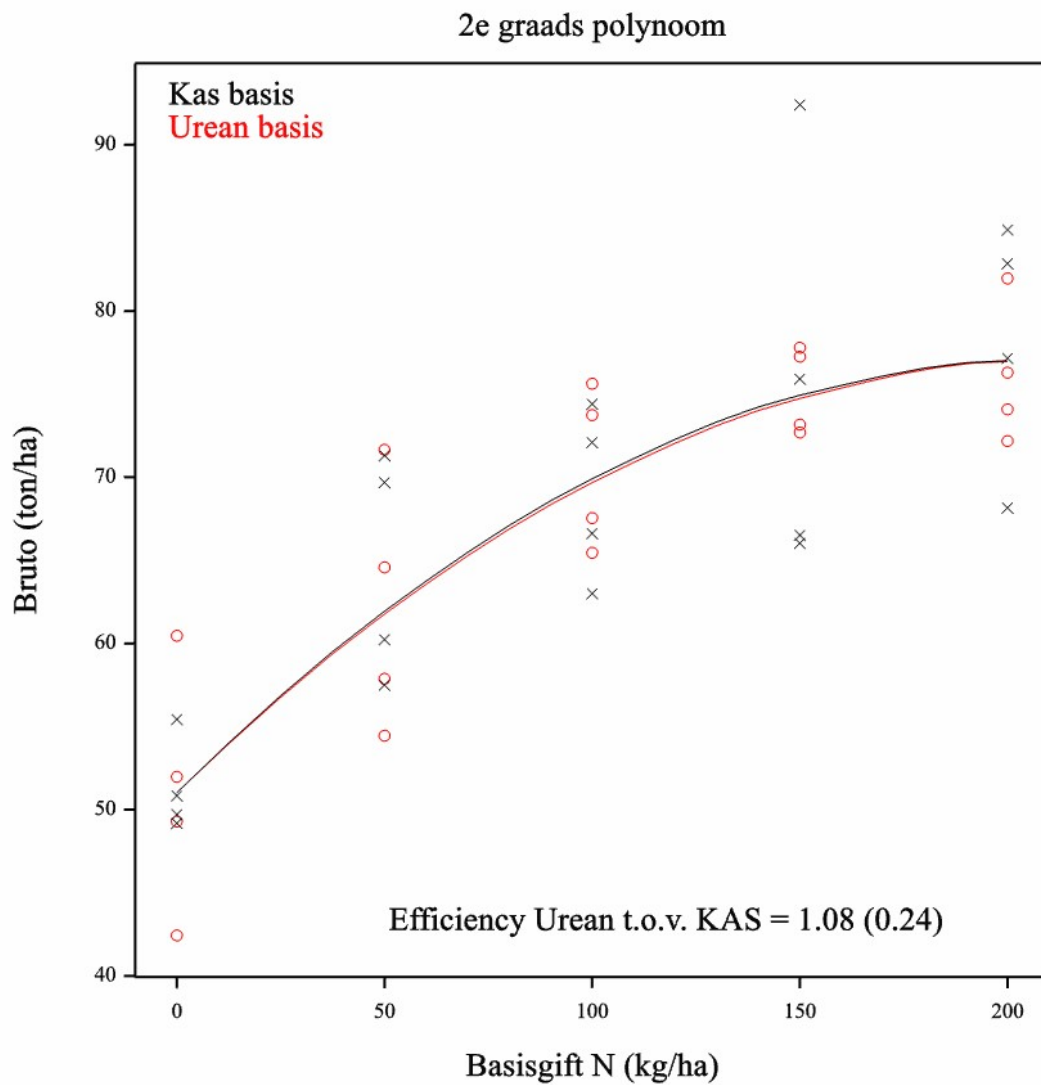
In (1), (2) en (3) is:

- N kas: de stikstofgift breedwerpig met Kas in kg N/ha
- Urean: de stikstofgift in de rij met Urean in kg N/ha
- Y: de respons (bruto opbrengst, resp. droge-stofopbrengst, resp. stikstofopname in ton/ha)
- R_r random effect rij r
- C_c random effect kolom c
- α_i intercept i , $i = Kas, Urean$
- β, γ, E regressiecoëfficiënten
- ε random error term $N(0, \sigma^2)$

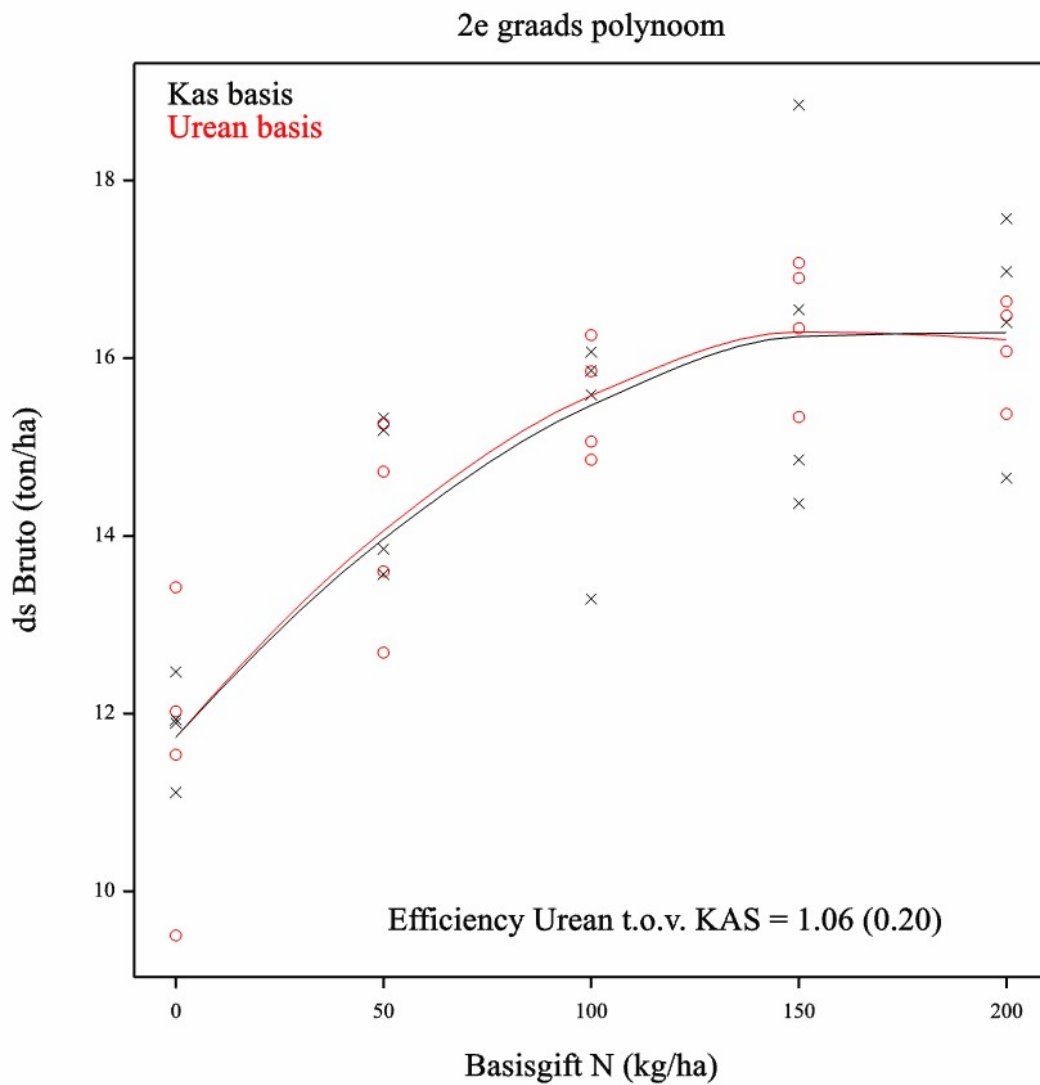
Vervolgens is beoordeeld met welk model de respons het nauwkeurigste werd beschreven. Als criteria hiervoor zijn de zogenoemde maximum likelihood gehanteerd en de standard error. Voor zowel de bruto opbrengst, de droge-stofopbrengst als de N-opname, voldeed de 2^e graads polynoom het beste. Het verschil met de exponentiële curve was echter klein. De 1^e graads polynoom voldeed niet goed.

De stikstofefficiëntie van rijenbemesting met Urean lag steeds dichtbij 1 en was nooit significant verschillend van 1. Er kan daarom worden geconcludeerd dat de efficiëntie van breedwerpige bemesting met KAS en die van rijenbemesting met Urean gelijk waren.

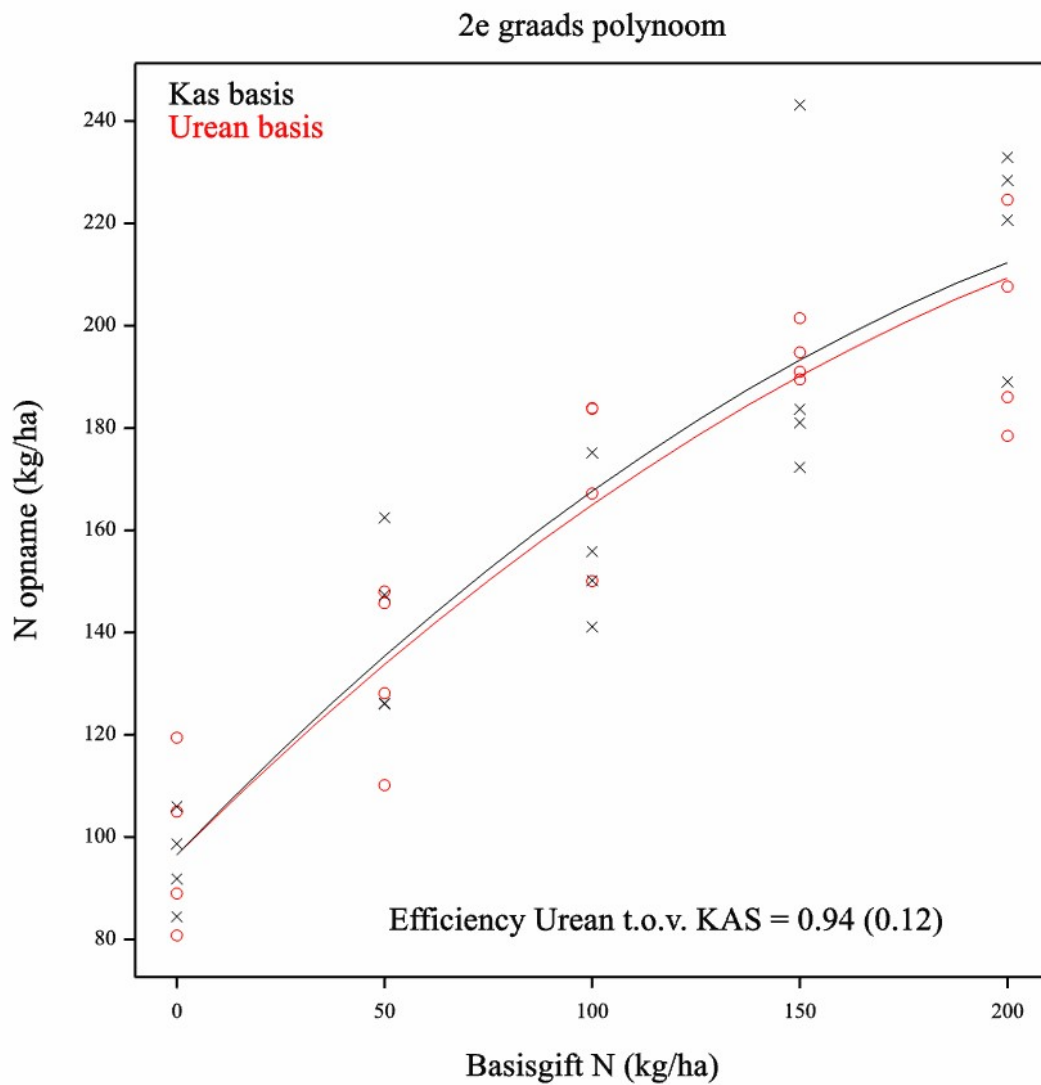
De responscurven zijn weergegeven in de figuren 10 t/m 12. In elke figuur is de berekende efficiëntie van rijenbemesting met Urean t.o.v. KAS weergegeven met tussen haakjes de standard error.



Figuur 10. Respons bruto knolopbrengst op de basisbemesting met stikstof



Figuur 11. Respons droge-stofopbrengst op de basisbemesting met stikstof



Figuur 12. Respons stikstofopname knollen op de basisbemesting stikstof