



Ontwikkeling van geleide bemestingssystemen bij de teelt van zetmeelaardappelen

Jaarrapport 2002

ing. W.C.A. van Geel & ing. K.H. Wijnholds

© 2003 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd, 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. 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 in opdracht van:

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

Projectnummer: 510.168

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector AGV

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320- 29 11 11
Fax : 0320- 23 04 79
E-mail : infoagv.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING.....	7
2 PROEFOPZET EN –UITVOERING	9
2.1 Objectenkeuze.....	9
2.2 Beschrijving van de bijmestsystemen	10
2.2.1 NBS-bodem.....	10
2.2.2 Bladsteeltjesmethode.....	12
2.2.3 Aardappelmonitoring	13
2.2.4 CropScan-methode (gewasreflectie)	13
2.2.5 Chlorofylmetingen (SPAD-meter).....	13
2.3 Uitvoering	14
3 RESULTATEN.....	17
3.1 Bijmestadviezen.....	17
3.1.1 Bijmestadviezen van de verschillende bijmestsystemen	17
3.1.2 NBS-bodem en stikstofopnameverloop	18
3.2 Opbrengst, kwaliteit, stikstofopname en –benutting	19
3.2.1 Seresta.....	19
3.2.2 Mercator	21
4 DISCUSSIE.....	23
5 CONCLUSIES	25
LITERATUUR.....	27
BIJLAGE 1. PROEFVELDSHEMA.....	29
BIJLAGE 2. TEMPERATUUR (°C), NEERSLAG EN GEWASVERDAMPING (MM)	31
BIJLAGE 3. UITSLAGEN EN ADVIEZEN VAN DE VERSCHILLENDE SYSTEMEN.....	33
NBS-bodem.....	33
Bladsteeltjesmethode.....	34
Aardappelmonitoring.....	36
Chlorofylmetingen.....	37
BIJLAGE 4. BODEMBEDEKKING, GEMETEN MET DE CROPSKAN.....	39
BIJLAGE 5. VERLOOP VAN DE DROGESTOFPRODUCTIE EN DE STIKSTOFOPNAME	41
BIJLAGE 6. POTENTIËLE MINERALISATIE	49
BIJLAGE 7. BEOORDELING GEWASSTAND C.Q. MATE VAN LOOFAFSTERVING OP 16 AUGUSTUS EN 3 SEPTEMBER	51
BIJLAGE 8. SPREIDING MEETCIJFERS BIJ OOGST	53

Samenvatting

In het kader van het LNV-onderzoeksprogramma Mest- en Mineralen zijn verschillende stikstofbijmest-systemen vergeleken in zetmeelaardappelen. Het betrof de volgende in praktijk beschikbare en in ontwikkeling zijnde systemen:

<u>Systeem</u>	<u>Indicator voor bijbemesting</u>
NBS-bodem	de bodemvoorraad stikstof
Bladsteeltjesmethode	het nitraatgehalte in de bladsteeltjes van de planten
Aardappelmonitoring van Altic	het nitraatgehalte in de bladsteeltjes en het loofgewicht
CropScan-methode	de lichtreflectie door het gewas, gemeten met de CropScan
SPAD-methode	de bladkleur (chlorofylgehalte), gemeten met de SPAD-meter

Deze systemen zijn beproefd in twee verschillend op stikstof reagerende rassen: het vroege ras Seresta en het late ras Mercator. Bij alle systemen is een basisgift toegediend van 150 kg N per ha bij Seresta en 120 kg N per ha bij Mercator (ca. 2/3 van de adviesgift volgens de stikstofbemestingsrichtlijn uit de adviesbasis bemesting).

De CropScan-methode adviseerde om 30 kg N per ha bij te bemesten bij Seresta en 20 kg N per ha bij Mercator. Volgens de bladsteeltjesmethode moest bij beide rassen 30 kg N per ha worden bijbemest. Aardappelmonitoring en de SPAD-methode gaven voor beide rassen het advies om niet bij te bemesten en NBS-bodem om tenminste 50 kg N per ha bij te bemesten.

Een bijbemesting van 30 kg N per ha was voor Seresta waarschijnlijk het juiste advies. Daardoor werd 60 kg N per ha bespaard ten opzichte van bemesten volgens de stikstofbemestingsrichtlijn, zonder verlies van opbrengst en kwaliteit. Bovendien leidde het delen van de stikstofgift tot een betere stikstofbenutting dan het als eenmalige gift toedienen van de stikstof aan de basis.

Bij Mercator was niet bijbemesten het juiste advies. Daardoor werd 65 kg N per ha bespaard ten opzichte van bemesten volgens de stikstofbemestingsrichtlijn. Bovendien leidde het tot een hoger uitbetalingsgewicht dan wanneer de adviesgift volgens de stikstofbemestingsrichtlijn als eenmalige gift vóór poten was toegediend.

Toepassing van NBS-bodem kan tot te hoge bijmestadviezen leiden. De gehanteerde stikstofopnamecurve in NBS-bodem lijkt te moeten worden herzien. Verder is nader onderzoek gewenst naar de betrouwbaarheid van de Nmin-meting als indicator voor de hoeveelheid beschikbare stikstof in de bodem voor aardappel.

Voor de overige vier bijmestsystemen is het na één proefjaar en mede gelet op het wisselende resultaat per ras en de kleine verschillen in bijmestadvies, nog te vroeg om deze goed ten opzichte van elkaar te kunnen beoordelen. In elk geval bleek wel dat de toepassing van deze systemen duidelijk een stikstofbesparing opleverde.

Er was geen duidelijk verschil in de hoeveelheid minerale stikstof die na de oogst in de bodemlaag 0-60 cm achterbleef. Deze was zowel bij bemesting volgens de stikstofbemestingsrichtlijn, toegediend als eenmalige gift vóór het poten, als bij de stikstofbijmestsystemen waarbij 60-65 kg N per ha minder werd gestrooid, vrij laag (<45 kg N per ha bij Seresta en <30 kg N per ha bij Mercator).

1 Inleiding

In 2002 heeft het ministerie van LNV het onderzoeksprogramma Mest- en Mineralen 398-I gestart, dat zich richt op maatregelen om de mineralenverliezen te verminderen. Één van de thema's in het programma is het ontwikkelen en toepasbaar maken van systemen voor geleide bemesting. Het doel van geleide bemesting is om een maximale opbrengst en kwaliteit te realiseren met een zo nauwkeurig mogelijk op de gewasbehoefte afgestemd aanbod van nutriënten, waarbij de benutting van de nutriënten zo hoog mogelijk is en het verlies zo laag mogelijk. Geleide bemesting omvat de toepassing van bijmestsystemen, het gebruik van minder uitspoelingsgevoelige meststoffen en een betere plaatsing van de meststof (o.a. rijenbemesting). Één van de deelprojecten binnen "Geleide Bemesting" is "Ontwikkeling van geleide bemestingssystemen", waarbij verschillende systemen van geleide bemesting voor stikstof in veldproeven worden vergeleken en verder ontwikkeld. In dit kader is in 2002 op de Noordoostelijke zandgrond op de PPO-locatie Kooijenburg een proef uitgevoerd met zetmeelaardappelen. Het onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met Plant Research International (PRI) te Wageningen.

Aardappel is qua areaal één van de grootste akkerbouwgewassen in Nederland en wordt zowel op de klei- als zandgronden verbouwd. De aardappelteelt kenmerkt zich door een veelal lage benutting van stikstof en een hoge hoeveelheid achtergebleven minerale stikstof in de bodem na de oogst. Die stikstof spoelt in de herfst en winter, met name op de droge zandgronden, grotendeels uit naar het grondwater. Echter ook tijdens de teelt kan bij forse hoeveelheid neerslag in het voorjaar of de zomer uitspoeling van stikstof optreden. Vanwege de lage stikstofefficiency en het relatief grote areaal is het belangrijk om in de aardappelteelt het stikstofverlies naar het milieu te beperken via geleide bemesting.

In de zetmeelaardappelteelt zijn voor het financieel resultaat zowel de knolopbrengst als het onderwatergewicht (owg) van de knollen (een maatstaf voor het drogestofgehalte) van belang. De knolopbrengst (veldgewicht) wordt via een correctie voor het owg omgerekend naar een uitbetalingsgewicht. Hoe hoger het owg, hoe hoger de uitbetaling.

Het owg is afhankelijk van het ras en daarnaast van de groeiomstandigheden, waaronder het stikstofaanbod. Stikstof bevordert de productie, maar teveel stikstof verlaagt het owg, bevordert de vatbaarheid voor phytophthora en kan leiden tot hogere bewaarverliezen (Van Loon et al., 1999; Van Loon et al. 1995). Ook komt door een hoog stikstofaanbod de knolgroei later op gang, blijft het loof langer groen en rijpt het gewas later af. Met name bij late rassen moet de gewasgroei dan vaak voortijdig worden beëindigd door doding van het nog groene loof. Daardoor kan de knolopbrengst lager uitvallen omdat de herverdeling van assimilaten van het loof naar de knollen nog niet is voltooid. Ook is het owg lager dan wanneer het gewas had kunnen uitgroeien. Om ervoor te zorgen dat late rassen tijdig afrijpen, moet de stikstofgift lager zijn dan voor een vroeg ras. Echter, ook tussen vroege of late rassen onderling zijn er verschillen in stikstofbehoefte.

Het vaststellen van de optimale stikstofgift is lastig. De benodigde stikstofgift is afhankelijk van:

- a. de gewasbehoefte, die behalve door het ras wordt bepaald door de groeisnelheid en productie;
- b. processen als mineralisatie, uitspoeling, denitrificatie en immobilisatie die mede het aanbod van stikstof bepalen.

Met name mineralisatie van stikstof in de bodem gedurende het groeiseizoen is een moeilijk te voorspellen factor op de zand- en vooral de dalgronden in Noordoost-Nederland. De mineralisatie wisselt per perceel (door verschillen in organische-stofgehalte), maar ook per jaar als gevolg van verschil in weersomstandigheden (met name temperatuur).

Door controle en bijsturing tijdens de teelt middels een stikstofbijmeststelsel (NBS) kan beter worden ingespeeld op de wisselende groeiomstandigheden. Hierbij wordt een deel van de stikstof bij aanvang van de teelt gegeven (de basisgift) en wordt in de zomer bijbemest op basis van meting van de stikstofstatus van de bodem of het gewas. De basisgift bedraagt ongeveer 60% van de gift volgens de landelijke stikstofbemestingsrichtlijn (Van Loon et al., 1999).

Met de toepassing van een NBS wordt beoogd een maximaal financieel resultaat te behalen met een zo gering mogelijk verlies aan stikstof naar het milieu. Belangrijkste aspect hierbij is de beperking van de

hoeveelheid minerale stikstof die na de oogst in de bodem achterblijft. Echter in een nat voorjaar en/of een natte zomer kan ook door de deling van de gift het stikstofverlies tijdens de teelt worden beperkt.

Er zijn voor aardappel meerdere bijmestsystemen in praktijk beschikbaar en er zijn ook enkele systemen in ontwikkeling. Doel van dit onderzoek is een aantal systemen te vergelijken, verder te ontwikkelen en te beoordelen welk systeem het beste voldoet en bij welke systemen verbeteringen of verfijningen mogelijk zijn. Een belangrijk beoordelingsaspect is om het resultaat van elk systeem te vergelijken met dat van de economisch optimale gift onder de gegeven groeiomstandigheden volgens de meest gangbare bemestingsmethode in praktijk.

In hoofdstuk 2 van dit verslag wordt de opzet en uitvoering van de proef beschreven. Hierin wordt de proefopzet en de keuze voor de systemen toegelicht en worden de systemen beschreven. Hoofdstuk 3 geeft de resultaten van de proef weer, welke in hoofdstuk 4 worden bediscussieerd.

2 Proefopzet en –uitvoering

De proef is uitgevoerd met twee verschillend op stikstof reagerende rassen: Seresta en Mercator. Seresta is een vroeg zetmeelaardappelras, Mercator een laat. In verband met de praktische uitvoerbaarheid en de proefveldgrootte zijn de rassen elk in een afzonderlijk proef naast elkaar neergelegd.

2.1 Objectenkeuze

De volgende in praktijk beschikbare en in ontwikkeling zijnde stikstofbijmestsystemen in aardappel zijn in de proef opgenomen:

- NBS op basis van de stikstofvoorraad in de bodem
- NBS op basis van het nitraatgehalte in de bladsteeltjes
- NBS op basis van de combinatie nitraatgehalte bladsteeltjes en ontwikkeling loofgewicht (aardappelmonitoring van Altic)
- NBS op basis van lichtreflectie via meting met de CropScan
- NBS op basis van bladkleur (chlorofylgehalte) via meting met de SPAD-meter

Stikstofrijenbemesting en fertigatie zijn buiten beschouwing gelaten. Stikstofrijenbemesting in aardappel leidt op de Nederlandse (veelal stikstofrijke) gronden niet tot een duidelijk betere stikstofbenutting. Fertigatie leidt soms wel tot een betere stikstofbenutting, maar is vanwege de hoge kosten economisch niet aantrekkelijk in zetmeelaardappelen.

Het systeem van Hydro-Agri waarbij in één werkgang de gewasreflectie wordt gemeten met een voorop de trekker gemonteerde N-sensor en tegelijkertijd op basis van de uitslag van de meting wordt bijbemest, wordt evenmin in de proef opgenomen. Een dergelijk systeem kan niet op proefveldniveau worden getest. De veldjes zijn daarvoor te klein.

Het voor zetmeelaardappelen ontwikkelde Decision Support System Tipstar, wordt binnen Agrobiokon onderzocht en is niet in deze proef opgenomen.

Voor de ontwikkeling van een bijmestmethode waarbij gebruik wordt gemaakt van stikstofvensters is een aparte proef aangelegd (door PRI), om een nieuwe concept te ontwikkelen, waarbij wordt bijbemest op basis van omgekeerde stikstofvensters in combinatie met CropScan-metingen (Uenk et al., 2003)

Bij de vergelijking van de stikstofbijmestsystemen die in de proef zijn opgenomen, is beoordeeld:

- welke stikstofbijmestsystemen onder de gegeven groeiomstandigheden een juist bijmestadvies geven, gelet op opbrengst en kwaliteit;
- hoeveel stikstofbesparing dat oplevert ten opzichte van bemesting volgens de stikstofbemestingrichtlijn uit de adviesbasis bemesting en hoe groot het effect is op de hoeveelheid minerale stikstof die na de oogst in de bodem achterblijft;
- op welke punten de slecht-presterende bijmestsystemen tekort schieten.

Om een optimale gift te kunnen afleiden, is bij beide rassen een reeks vaste stikstoftrappen aangelegd. Bij alle trappen is de stikstof als eenmalige gift toegediend vóór het poten, hetgeen in praktijk voor zetmeelaardappelen het meest gebruikelijk is.

Bij de verschillende bijmestsystemen is 2/3 van de gemiddelde stikstofgift in praktijk als basisbemesting toegediend bij poten. Voor de gemiddelde stikstofgift in praktijk is uitgegaan van 225 kg N per ha bij Seresta en 180 kg N per ha bij Mercator.

Bij alle objecten is bemest met kalkammonsalpeter (KAS). Tabel 1 geeft een overzicht van de opgenomen objecten in de proef.

Tabel 1. **Overzicht van de proefobjecten.**

Object	Omschrijving	Stikstofgift vóór poten (kg N per ha)		Stikstofgift in juni-juli
		Seresta	Mercator	
A	nulobject	0	0	0
B	vaste trap 33%	75	60	0
C	vaste trap 67%	150	120	0
D	vaste trap 100%	225	180	0
E	vaste trap 133%	300	240	0
F	vaste trap 167%	375	300	0
G	NBS-bodem	150	120	volgens advies systeem
H	bladsteeltjesmethode	150	120	volgens advies systeem
I	aardappelmonitoring	150	120	volgens advies systeem
J	CropScan-methode	150	120	volgens advies systeem
K	SPAD-methode	150	120	volgens advies systeem

2.2 Beschrijving van de bijmestsystemen

2.2.1 NBS-bodem

2.2.1.1 Adviesbasis bemesting akkerbouw

Bij het NBS-bodem, zoals dat is omschreven in de adviesbasis bemesting (Van Dijk, 2003), wordt circa 2/3 van de berekende gift volgens de landelijke stikstofbemestingsrichtlijn (Van Dijk, 2003) als basisbemesting toegediend vóór het poten. Daarna wordt bijbemest op basis van de verwachte gewasopname en de beschikbare hoeveelheid bodemstikstof. De bijmestgift wordt berekend volgens de formule:

$$N\text{-gift} = (NOG\text{-}t_2 - NOG\text{-}t_1) - MBN\text{-}t_1 - MIN + BUF$$

waarbij:

t_1 = het tijdstip waarop de bodemvoorraad stikstof is gemeten

t_2 = het tijdstip van de volgende meting of de oogst

N-gift = de bijmestgift

$NOG\text{-}t_2 - NOG\text{-}t_1$ = geschatte stikstofopname door het gewas tussen tijdstip t_1 en t_2

$MBN\text{-}t_1$ = hoeveelheid minerale bodemstikstof op tijdstip t_1

MIN = geschatte bijdrage door mineralisatie in de periode tussen t_1 en t_2 .

BUF = buffer (een veiligheidsmarge)

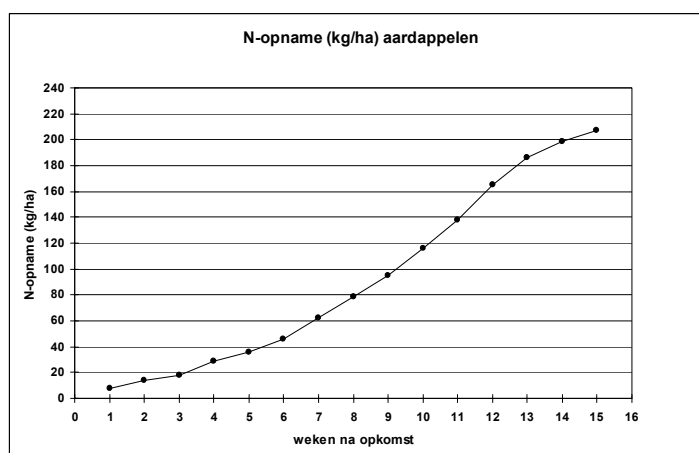
De geschatte stikstofopname door het gewas tussen tijdstip t_1 en t_2 wordt afgelezen van een standaardstikstofopnamecurve (zie figuur 1).

De actuele Nmin-voorraad in de bodem op t_1 wordt op zand- en dalgrond in de laag 0-30 cm gemeten. Voor de bijdrage door stikstofmineralisatie in de bodem kan volgens de adviesbasis bemesting voor zetmeelaardappelen worden gerekend met gemiddeld 1 kg N per ha per dag tot 15 augustus. Voor een naar inschatting zwakker mineraliserende grond kan 0,8 kg N per ha per dag worden aangehouden en voor een sterker mineraliserende grond 1,2 kg N per ha per dag.

In de praktijk wordt omwille van kosten en arbeid meestal maar 1 keer bemonsterd: drie tot vier weken na opkomst. De te hanteren buffer bedraagt dan 80 kg N per ha voor kleigrond en 60 kg N per ha voor zandgrond. Wanneer meerdere keren wordt bemonsterd, kan in de loop van het groeiseizoen de buffer worden verlaagd met 10 kg N per ha per twee weken. Door meerdere keren te meten, mag een nauwkeurigere bijbemesting worden verwacht.

Tot slot wordt de bijmestgift gecorrigeerd voor de vroegheid van het ras. Bij laatrijpende rassen wordt de stikstofgift verlaagd om een te late afrijping te voorkomen. Als criterium hiervoor wordt het vroegheidscijfer van het ras gebruikt, dat is weergegeven in de Rassenlijst voor Landbouwgewassen. Vroege rassen krijgen een hoger vroegheidscijfer dan late rassen. Voor zetmeelaardappelen met een vroegheidscijfer lager

dan 4,5 wordt een korting op de stikstofgift tot aan de oogst aangebracht van 5 kg N/ha per 0,5 punt verschil.



Figuur 1. Stikstofopnamecurve uit de adviesbasis bemesting ten behoeve van NBS-bodem.

2.2.1.2 Stikstof^{plus}

In deze proef is voor NBS-bodem het analyse- en adviessysteem Stikstof^{plus} van Blgg gevolgd. De grondmonsters zijn naar Blgg gestuurd voor N_{min}-bepaling, waarna Blgg de uitslag met een bijmestadvies terugstuurt. Het advies van Stikstof^{plus} is verfijnder ten opzichte van de omschrijving in de adviesbasis bemesting:

- De geschatte stikstofbehoefte wordt naast de vroegheid van het ras afgestemd op het verwachte opbrengstniveau.
- De mineralisatie wordt bepaald door:
 - een schatting van de mineralisatie uit oogstresten van het voorgewas, eventueel ondergewerkte groenbemesters en organische mestgiften;
 - een correctie voor een hogere of lagere basismineralisatie van de bodem dan gemiddeld, op basis van het organische stofgehalte en het lutumgehalte.

De teler moet de daarvoor benodigde informatie geven, o.a. over de voorvrucht, groenbemesters, organische-mestgiften en over de bodem.

2.2.1.3 Schatting stikstofopname met temperatuursom

Een minpunt in NBS-bodem is dat wordt uitgegaan van een vaste stikstofopnamecurve om te bepalen hoeveel stikstof het gewas in een bepaalde periode opneemt. Het opnameverloop kan sterk variëren, afhankelijk van de groeiomstandigheden en het poottijdstip.

Het risico van onderschatting van de gewasopname wordt afgedekt via de buffer. Wanneer men de opname nauwkeuriger kan inschatten, kan wellicht de buffer worden verlaagd en er scherper worden bemest.

Steltenpool en Van Erp (1995) hebben een formule opgesteld om de actuele stikstofopname te schatten op basis van de temperatuursom vanaf het pootmoment in plaats van op basis van het aantal weken na opkomst. Als de tussentijdse opname nauwkeuriger kan worden bepaald, kan ook nauwkeuriger worden bepaald hoeveel het gewas nog zal opnemen tot aan de oogst (uitgaande van een gelijkblijvende totale opname). De totale stikstofopname (N_{max}) moet vooraf worden geschat op basis van de opbrengst die wordt verwacht of nagestreefd. In de periode tussen poten en 15 augustus wordt de actuele opname op elk moment berekend met de formule:

$$\text{Actuele N-opname} = N_{\text{max}} * \text{EXP} (-\text{EXP} (-0,00494 * T\text{-som} - 544))$$

waarbij: N_{max} = 1,188 * totale N-opname in de knollen bij oogst

Voor de berekening van de T-som is een basistemperatuur van 2°C genomen. (Dit houdt in dat de T-som is berekend op basis van de gemiddelde etmaaltemperatuur minus 2 graden).

Hoewel bij deze methode het stikstofopnameverloop wordt gerelateerd aan de temperatuur, wordt de maximale stikstofopname nog steeds vooraf geschat, terwijl deze ook kan variëren, afhankelijk van de groeiomstandigheden. Verder is de vergelijking van Steltenpool en Van Erp opgesteld met een Nmax van 182 kg N per ha. Onbekend is of een hogere of lagere Nmax de parameters van de formule beïnvloedt en daardoor het opnamepatroon.

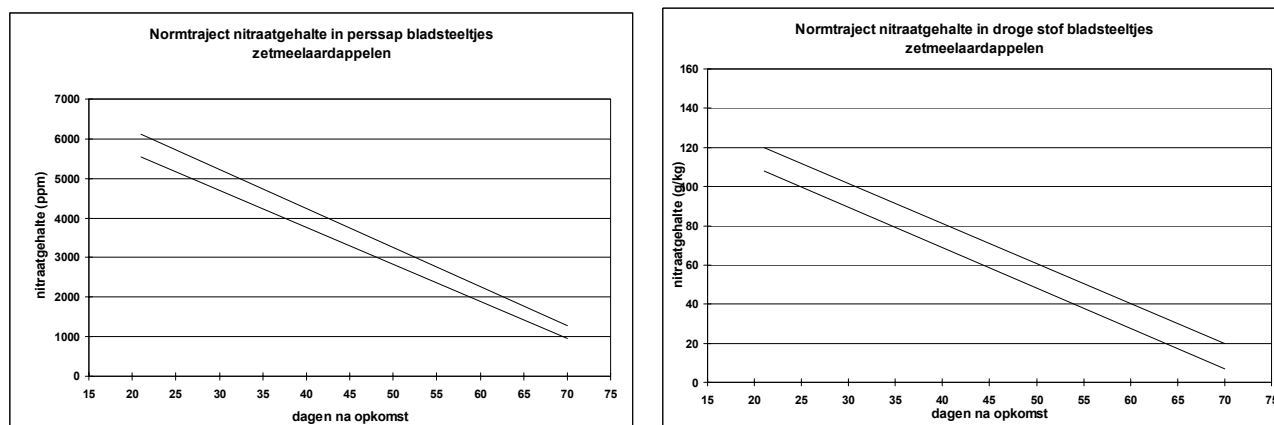
In dit onderzoek naar geleide bemestingssystemen zijn de standaard-stikstofopnamecurve en de opnamecurve op basis van de temperatuursom vergeleken met het actuele opnameverloop. Daarbij is Nmax geschat op: $1,188 * (60 \text{ ton per ha} * 3,7 \text{ kg N per ton}^1) = 264 \text{ kg N per ha}$.

Bij het NBS-bodem is de hoogte van de bijmestgift tot slot afhankelijk van de uitslag van de Nmin-bemonstering. Een veelgehoord punt van kritiek is de variabiliteit van de Nmin-metingen. In een korte periode kunnen aanzienlijke schommelingen optreden in hoeveelheid aanwezige N-min.

2.2.2 Bladsteeltjesmethode

Bij de bladsteeltjesmethode wordt vanaf 3-4 weken na opkomst tot 4 à 5 weken daarna in principe wekelijks het nitraatgehalte in bladsteeltjes gemeten. Het nitraat kan zowel in het sap van de bladsteeltjes worden gemeten als in de gedroogde bladsteeltjes. Een bepaling in het sap heeft als nadeel dat het gemeten nitraatgehalte wordt beïnvloed door het vochtgehalte in de bladsteeltjes, dat kan fluctueren. Bepaling in gedroogde bladsteeltjes heeft daarom de voorkeur. In deze proef zijn de bladsteeltjes naar Blgg gestuurd voor nitraatbepaling in gedroogde bladsteeltjes.

Voor het verloop van het nitraatgehalte is een normlijn opgesteld (figuur 2). Wanneer het nitraatgehalte onder de norm ligt, wordt bijbemest. Afhankelijk van mate van overschrijding van de normlijn, is het advies om 30-50 kg N/ha bij te bemesten. Het besluit om bij te bemesten en de hoogte van de gift zijn echter niet alleen afhankelijk van het nitraatgehalte. Naast de mate van overschrijding wordt in praktijk veelal ook rekening gehouden met de verwachte mineralisatie (onder andere uit organische mest) en met de gewasgroei. Wanneer het nitraatgehalte net onder de normlijn ligt, maar het gewas goed groeit, wordt in de regel niet bijbemest en de volgende meting afgewacht (zie ook bijlage 3: bemestingsadvieschema Blgg bladsteeltjesmethode).



Figuur 2. **Nitraatnormlijnen voor zetmeelaardappelen uit de adviesbasis bemesting.**

In praktijk wordt, uit oogpunt van arbeids- en kostenbesparing, meestal slechts twee keer bemonsterd (soms drie keer). Wanneer de nitraatnormlijn wordt overschreden, wordt dan volstaan met een eenmalige bijbemesting door bijvoorbeeld de basisbemesting aan te vullen tot 100% van het advies (volgens de stikstofbemestingsrichtlijn).

Verfijning is mogelijk door vaker te meten, de bijmestgift te verlagen en indien nodig vaker bij te bemesten.

¹ IKC-Landbouw, 1996

Lage stikstofgiften (< 30 kg N per ha) kunnen worden toegediend door bijvoorbeeld 10-15 kg N per ha in de vorm van urean over het gewas te spuiten. In de proef is hier niet voor gekozen om de gebruikte meststof en toedieningswijze bij alle objecten gelijk te houden (kalkammonsalpeter strooien).

2.2.3 Aardappelmonitoring

Altic te Dronten heeft het systeem aardappelmonitoring ontwikkeld, waarbij zowel het nitraatgehalte in het sap van de bladsteeltjes als de loofgroei worden gevolgd. Voor de bepaling van het loofgroei moet de teler het loof van vijf representatieve planten bij de grond afsnijden en wegen. Hij geeft dit gewicht door aan Altic en stuurt de bladsteeltjes op, waarna Altic een advies geeft.

Altic heeft rasspecifieke normlijnen opgesteld voor het nitraatgehalte en het loofgewicht. Op basis van het verloop van het nitraatgehalte en het loofgewicht ten opzichte van de normlijnen, wordt het bijmestadvies berekend. Ook wordt rekening gehouden met het teeltdoel. De berekeningsmethode is bedrijfsgeheim. Wanneer de berekende adviesgift kleiner is dan 15 kg N per ha, wordt geen bijbemesting geadviseerd. Er wordt vier keer bemonsterd tijdens het groeiseizoen, de eerste keer drie weken na opkomst en vervolgens om de 10 dagen. Afhankelijk van het poottijdstip of andere factoren, kan dit interval korter of langer zijn.

2.2.4 CropScan-methode (gewasreflectie)

Recent is een nieuwe bijmestmethode voor aardappelen beschikbaar gekomen, waarbij de stikstofstatus van het gewas wordt bepaald aan de hand van de lichtreflectie door het gewas. De lichtreflectie wordt gemeten met de CropScan: een reflectiemeter met een minicomputer, bevestigd aan een aluminium buis. De meter wordt op een bepaalde hoogte boven het gewas gehouden en meet aan de bovenkant het totale invallende licht van de gehele hemelbol en aan de onderkant het door het gewas gereflecteerde licht in verschillende golflengtes van het zichtbare licht en in een deel van het infrarode gebied (460, 510, 560, 610, 660, 710, 760 en 810 nm).

Aan de hand van de reflectiekenmerken wordt de mate van grondbedekking berekend en de stikstofinhoud van de bovengrondse loofmassa. Deze stikstofinhoud wordt vergeleken met de norm (de gewenste stikstofinhoud). Wanneer de gemeten waarde onder de normlijn ligt, wordt het verschil bijbemest. De methode is ontwikkeld door PRI te Wageningen, die ook in deze proef de bijmestadviezen heeft gegenereerd. De omrekening van de reflectie naar de actuele stikstofinhoud van het gewas en de gehanteerde normlijnen voor de stikstofinhoud van het loof zijn niet openbaar.

Blgg heeft de CropScan-methode op praktijkschaal in gebruik genomen. Meestal wordt maar één keer gemeten met de CropScan. Een mogelijk nadeel van de CropScan-methode is dat pas een advies kan worden gegeven vanaf 90% grondbedekking door het gewas (eind juni-begin juli), terwijl de praktijk vaak al in een eerder stadium informatie wil hebben over de stikstofvoorziening van het gewas c.q. wil bijbemesten.

2.2.5 Chlorofylmetingen (SPAD-meter)

Naast gewasreflectie kan ook de kleur (chlorofylgehalte) van individuele bladeren worden gemeten, met behulp van de chlorofylmeter of de SPAD-meter. De methode maakt gebruik van doervallend kunstlicht voor het bepalen van de groenheid van een individueel blad. De fractie van het geabsorbeerde rode licht is een (relatieve) maat voor de groenheid van het blad en daarmee een relatieve maat voor het chlorofylgehalte en het N-gehalte. In granen is hiermee veel ervaring opgedaan en zijn rasspecifieke normlijnen opgesteld voor het chlorofylgehalte.

Bij beproeving van de methode in consumptieaardappelen bleek het lastig een betrouwbare normlijn te construeren, omdat de uitslag naast het ras sterk werd beïnvloed door de groeiomstandigheden. Mede daardoor is de stikstofstatus van het gewas niet goed te bepalen uit een éénmalige meting.

PRI heeft een methode ontwikkeld waarmee bij aardappel het verloop van deze chlorofylwaarden in de tijd vertaald wordt naar een bemestingsadvies inclusief een voorspelling van het uitbetalingsgewicht. Voor een advies zijn 5-7 SPAD-waarnemingstijdstippen nodig tussen 30 en ca. 70 dagen na opkomst. Afhankelijk van de opkomstdatum kan dus pas in juli worden geadviseerd. Het advies wordt gegenereerd door het verloop van de SPAD-waarden in de serie metingen te vergelijken met een set normlijnen die vervaardigd zijn uit een groot aantal bemestingsproeven onder verschillende groeiomstandigheden en bemestingsniveaus.

Vooralsnog zijn deze normlijnen niet afhankelijk van het ras.

Deze methode is in de proef opgenomen. Het bemestingsadvies is door PRI gegenereerd. De normlijnen en de methodiek zijn niet openbaar.

2.3 Uitvoering

De proef is uitgevoerd op proefboerderij Kooijenburg en is aangelegd als volledig gewarde blokkenproef in vier herhalingen. Het proefveldschema is opgenomen in bijlage 1. In tabel 2 zijn de bodemvruchtbaarheidsgegevens van de proefvelden vermeld (mengmonster van de velden Seresta en Mercator), in tabel 3 de N-mineraalvoorraad na de winter. De teeltgegevens zijn vermeld in tabel 4 en de data waarop bij de verschillende bemestingsystemen is gemeten/bemonsterd staan in tabel 5.

Voor de Nmin-metingen en gewasbemonsteringen zijn mengmonsters per object gemaakt: 40 stekken per object voor de Nmin-bepaling (10 per veldje), 40 bladstelen per object voor de nitraatbepaling (10 per veldje) en 8 planten per object voor het loofgewicht (2 per veldje). Met de CropScan is elk veldje geheel gemeten en met de SPAD-meter zijn 25 metingen per veldje gedaan, waarna de vier herhalingen per object zijn gemiddeld.

In maart is van de beide proefvelden ook een grondmonster genomen van de lagen 0-30 en 30-60 cm voor bepaling van de potentiële mineralisatie via incubatie.

Om het stikstofopnameverloop vast te stellen, is bij beide rassen op vijf momenten tijdens de teelt een tussenoogst uitgevoerd in alle herhalingen van het object D (eenmalige stikstofgift aan de basis van 225 kg N per ha bij Seresta en 180 kg N per ha bij Mercator). Per veldje zijn 12 planten (ca. 3 m²) in zijn geheel geoogst en gescheiden in loof+stolonen en knollen >1 cm. Van beide is het gewicht vastgesteld, het drogestofgehalte en het stikstofgehalte in de droge stof. Aan de hand hiervan is de stikstofopname berekend. De tussenoogsten zijn tot 9 september uitgevoerd. Bij de eindoogst is enkel de stikstofopname in de geoogste knollen bepaald en niet in het afgestorven loof.

Op 16 augustus en 3 september is de gewasstand c.q. de mate van loofafsterving visueel beoordeeld. Na de oogst is de knolopbrengst gemeten, het onderwatergewicht van de knollen en het stikstofgehalte. Vervolgens is het uitbetalingsgewicht berekend volgens de formule: veldgewicht * (onderwatergewicht – 100) / 300. Verder zijn de hoeveelheid opgenomen stikstof in de knollen berekend en de recovery van de toegediende stikstof in de knollen, volgens: (N-opname bemest object – N-opname nulobject) / N-gift. Na de oogst is per veldje de N-mineraalvoorraad gemeten in de lagen 0-30 en 30-60.

De resultaten zijn statistisch geanalyseerd met behulp van het programma Genstat. Daarbij is gebruik gemaakt van variantieanalyse, de tweezijdige t-toets en regressie-analyse. Bij de reeks vaste stikstoftrappen is het effect van de stikstofgift op het uitbetalingsgewicht beschreven met behulp van een exponentiële curve. De optimale stikstofgift is bepaald door het omslagpunt te berekenen waarop de kosten van extra stikstof hoger zijn dan de stijging van de financiële opbrengst. Hierbij is uitgegaan van een prijs van € 0,65 per kg stikstof en € 47 per ton uitbetalingsgewicht. In geval van bijbemesting is m.b.v. regressie-analyse tevens bepaald of deling van de stikstofgift tot een beter resultaat leidde dan wanneer dezelfde, totale stikstofgift eenmalige zou zijn toegediend aan de basis.

Tabel 2. **Perceelsgegevens proefvelden Seresta en Mercator (gemeten op 20 maart 2002).**

grondsoort	o.s.%	pH-KCl	Pw	K-HCl	K-getal	MgO
zand	4,3	5,3	54	9	13	79

Tabel 3. **N-mineraalvoorraad in de bodem op 20 maart 2002 (kg N per ha).**

	Seresta		Mercator	
	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm
herhaling 1	32	6	14	13
herhaling 2	19	8	15	7
herhaling 3	16	6	16	6
herhaling 4	14	6	18	7
gemiddeld	20	7	16	8

Tabel 4. **Teeltgegevens (beide rassen).**

Voorvrucht:	suikerbieten
Fosfaatbemesting:	45 kg P ₂ O ₅ per ha met tripelsuperfosfaat op 16 april
Kalibemesting:	120 kg K ₂ O per ha met kaliumsulfaat op 16 april
Stikstofbemesting vaste trappen + basisgift bijmestobjecten:	op 22 april volgens proefplan (zie tabel 1) met KAS
Pootdatum:	23 april
Rijenafstand:	75 cm
Afstand in de rij:	33 cm
Opkomstdatum:	20 mei
Rugopbouw:	aanaarden op 10 juni
Bijbemesting object NBS-bodem	op 4 juli met KAS
Bijbemesting CropScan-object	op 12 juli met KAS
Gewasbescherming:	conform praktijk
Berekening:	er is niet berekend
Data tusseñoogsten:	18 juni, 8 juli, 30 juli, 19 aug, 9 sep
Datum eindooft:	Seresta op 23 en 24 september Mercator op 7 oktober
Datum Nmin-bemonstering einde teelt:	25 september bij Seresta 9 oktober bij Mercator

Tabel 5. **Meet-/bemonsteringsdata bij de verschillende bijmestsystemen (beide rassen).**

NBS-bodem:	10 juni, 24 juni
Bladsteeltjesmethode:	10 juni, 24 juni, 8 juli
Aardappelmonitoring:	7 juni, 17 juni, 25 juni, 4 juli
CropScan:	4 juni, 11 juni, 19 juni, 24 juni, 2 juli, 9 juli, 18 juli, 31 juli, 13 aug
SPAD-meter:	6 juni, 13 juni, 19 juni, 24 juni, 3 juli, 12 juli, 24 juli, 8 aug

3 Resultaten

Het groeiseizoen van 2002 was over het geheel genomen warm, zonnig en nat. Maart en de eerste drie weken van april waren droog. Daarna volgde een periode van twee weken met veel neerslag. In deze periode is zeer waarschijnlijk stikstof uitgespoeld. De rest van mei was vrij droog. In de maanden juni, juli en augustus wisselden droge, zonnige perioden en natte, sombere perioden elkaar af. In de maanden juni en juli viel een normale hoeveelheid neerslag. Extreem hoge hoeveelheden (>30 mm) in een korte periode kwamen niet voor. In de periode na begin mei tot 1 augustus was de gewasverdamping hoger dan de hoeveelheid neerslag. Het is onwaarschijnlijk dat er in deze periode stikstof is uitgespoeld. Augustus was zeer nat. Met name op 10 t/m 12 augustus en op 25 augustus viel een forse hoeveelheid neerslag, waardoor waarschijnlijk stikstof is uitgespoeld. September en het begin van oktober waren zonnig en vrij droog. In bijlage 2 zijn de temperatuur- en neerslaggegevens weergegeven.

3.1 Bijmestadviezen

3.1.1 Bijmestadviezen van de verschillende bijmestsystemen

Bemesting volgens de stikstofbemestingsrichtlijn voor zetmeelaardappelen (Van Dijk, 1993) zou de volgende stikstofgiften hebben opgeleverd:

- Seresta: $275 - 1,8 * N_{min}(0-30 \text{ cm}) = 275 - 1,8 * 20 = 239 \text{ kg N per ha}$
- Mercator: $215 - 1,8 * N_{min}(0-30 \text{ cm}) = 215 - 1,8 * 16 = 186 \text{ kg N per ha}$

Met alle bijmestsystemen werd minder stikstof gegeven dan bij bemesting volgens de stikstofbemestingsrichtlijn. Twee van de vijf systemen gaven in de zomer een bijmestadvies (tabel 6). Stikstof^{plus} gaf na de N_{min}-meting op 24 juni het advies om beide rassen bij te bemesten, de CropScan-methode na de meting van 8 juli.

Tabel 6. **Stikstofgiften (kg N per ha) bij de verschillende bijmestobjecten.**

Object	Omschrijving	Seresta		Mercator	
		basisgift	bijmestgift	basisgift	bijmestgift
G	NBS-bodem	150	50	120	40
H	bladsteeltjesmethode	150	0	120	0
I	aardappelmonitoring	150	0	120	0
J	CropScan-methode	150	30	120	20
K	SPAD-methode	150	0	120	0

Bij de overige systemen is niet bijbemest. Bij de bladsteeltjesmethode lag het nitraatgehalte in juni boven de norm. Begin juli kwam het net iets onder de norm, maar er is desondanks niet bijbemest. Bij strikte opvolging van het Blgg-advies had bij beide rassen 30 kg N per ha moeten worden gegeven (zie het bemestingsadviesschema van Blgg voor bladsteeltjesmethode in bijlage 3).

Volgens aardappelmonitoring van Altic verliep de ontwikkeling van het loofgewicht aanvankelijk volgens de norm (Seresta) tot iets boven de norm (Mercator), maar kwam in juli onder de normlijn (zie bijlage 3, onderdeel aardappelmonitoring). Het nitraatgehalte lag de gehele meetperiode boven de norm. Daarom is geen bijmestadvies gegeven. De achterblijvende loofontwikkeling was geen gevolg van stikstoftekort. Bij de chlorofylmetingen lagen de meetwaarden ook steeds boven de norm. Deze methode voorspelde dat (zonder bijbemesting) de kans op een uitbetalingsgewicht van minimaal 70 ton/ha voor beide rassen meer dan 99% was. Voor Seresta werd als meest waarschijnlijke uitbetalingsgewicht (zonder bijbemesting) 87 ton/ha voorspeld en voor Mercator 92 ton/ha.

3.1.2 NBS-bodem en stikstofopnameverloop

De adviesgiften van NBS-bodem betroffen gemaximeerde giften: wanneer de berekende bijmestgift hoger is dan 50 kg N per ha, wordt geadviseerd om 50 kg N per ha te strooien en op een later, aangeduid tijdstip nogmaals te meten. Het advies van 40 kg N per ha voor Mercator was een drukfout op het uitslagformulier. Dit had ook 50 kg N per ha moeten zijn. Volgens het advies had in de tweede helft van juli nog een keer moeten worden gemeten. Er is echter niet meer gemeten, omdat zo laat bijbemesten vanwege de gewasontwikkeling niet goed meer mogelijk was.

Aan Blgg is voor de beide meetdata (10 juni en 24 juni) een berekend bijmestadvies gevraagd tot het einde van de teelt. Ook zijn deze bijmestgiften berekend volgens de criteria van de adviesbasis bemesting. De berekende giften zijn weergegeven in tabel 7.

Tabel 7. **Nmin-voorraad en berekende bijmestgiften tot einde teelt op 10 juni en 24 juni (kg N per ha).**

Datum	Nmin-voorraad		N-gift Stikstof ^{plus}		N-gift Adviesbasis	
	Seresta	Mercator	Seresta	Mercator	Seresta	Mercator
10 juni	121	85	83	83	62	47
24 juni	20	16	157	128	149	138

Hoewel er verschillen waren tussen Stikstof^{plus} en de adviesbasis bemesting voor wat betreft de berekende behoefte, de gehanteerde buffer en de berekende mineralisatie (zie bijlage 3, onderdeel NBS-bodem), gaven beide methoden forse bijmestgiften aan.

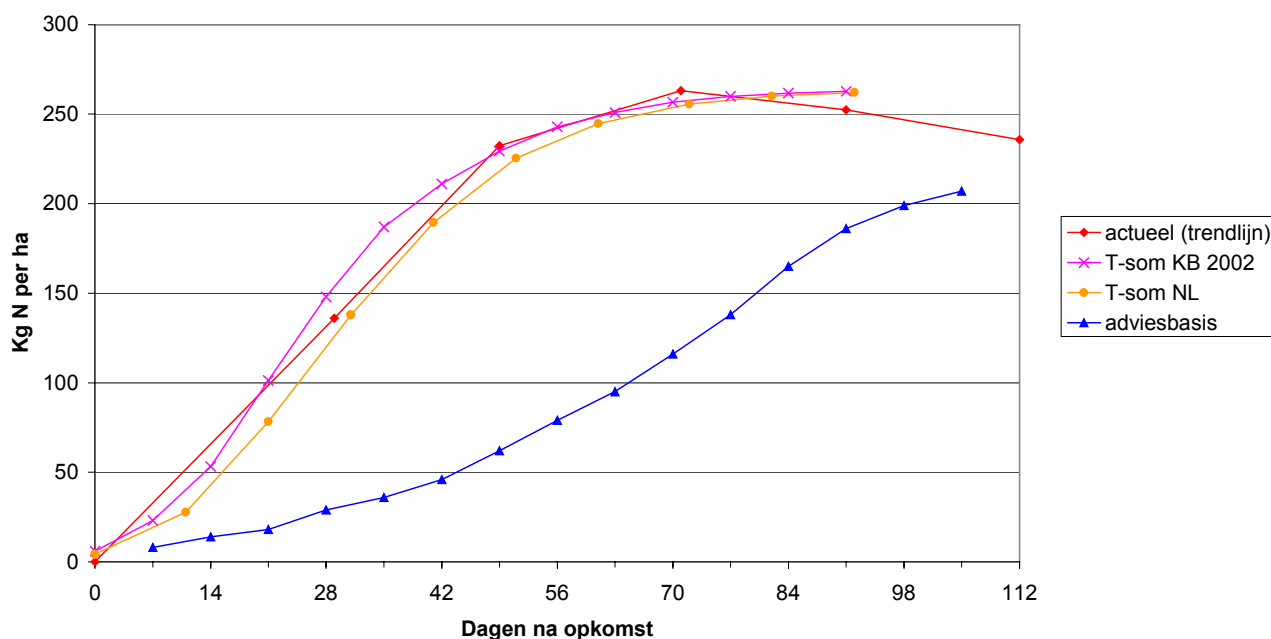
Volgens de gehanteerde standaard-stikstofopnamelijijn van NBS-bodem zou het gewas na 10 juni nog 189 kg N per ha opnemen en na 24 juni nog 171 kg N per ha. De werkelijke opname na 24 juni was veel lager en is berekend op 95 kg N per ha. In figuur 3 is het actuele stikstofopnameverloop weergegeven, het stikstofopnameverloop volgens de temperatuursom methode en de stikstofopnamelijijn uit de adviesbasis bemesting. In bijlage 5 is aangegeven hoe de actuele stikstofopnamelijijn is opgesteld.

De stikstofopnamelijijn uit de adviesbasis bemesting en het actuele stikstofopnamelijijn liepen fors uiteen. De actuele opname was in de eerste twee maanden na opkomst veel hoger en daarna lager. De opnamelijijn op basis van de temperatuursom kwam redelijk goed overeen met de actuele opname. Het verschil tussen de opnamelijijn op basis van de T-som en de opnamelijijn uit de adviesbasis bemesting was geen gevolg van het wat warmere groeiseizoen (figuur 3).

Op basis van een stikstofbalans, gebaseerd op actuele meetcijfers, had bij Seresta na 24 juni 80 kg N per ha moeten worden bemest tot de oogst:

actuele stikstofopname door het gewas na 24 juni:	95 kg N per ha
geschatte mineralisatie tot 15 augustus in de laag 0-30 cm:	45 kg N per ha (zie bijlage 6)
buffer:	50 kg N per ha
Nmin-voorraad:	-20 kg N per ha

Het viel verder op dat de gemeten Nmin-voorraad 24 juni erg laag was, waardoor de berekende bijmestgift op 24 juni zelfs hoger was dan die op 10 juni (tabel 7). Tussen 10 en 24 juni nam de Nmin-voorraad met 70-100 kg N per ha af. Die afname was groter dan op basis van de stikstofbalans zou mogen worden verwacht, met name bij Seresta. In de periode tussen 10 en 24 juni nam het gewas ruim 60 kg N per ha op. De geschatte mineralisatie in die periode bedroeg 12 kg N per ha in de laag 0-30 cm (bijlage 6). Tussen 10 en 24 juni viel geen extreem hoge hoeveelheid neerslag en was de gewasverdamping zelfs wat hoger dan de neerslaghoeveelheid (bijlage 2), waardoor geen stikstof door uitspoeling zal zijn verdwenen. De Nmin-voorraad zou dan met ca. 50 kg N per ha moeten zijn afgenomen.



Figuur 3. **Actuele stikstofopname (gemiddeld voor Seresta en Mercator), de stikstofopnamecurve uit de adviesbasis bemesting en de opnamecurve op basis van de actuele temperatuursom (T-som KB 2002) en op basis van gemiddelde Nederlandse temperatuur (T-som NL).**

3.2 Opbrengst, kwaliteit, stikstofopname en –benutting

Een hogere stikstofgift leidde bij zowel Seresta als Mercator tot een tragere loofafsterving. Deling van de stikstofgift had geen duidelijke invloed op de snelheid van loofafsterving. De gewenste snelheid van afsterving werd bij Seresta bereikt bij een N-gift van iets boven de 150 kg N per ha en bij Mercator bij een N-gift van ca. 120 kg N per ha. In bijlage 7 is de beoordeling van het gewas op 16 augustus en 3 september weergegeven.

3.2.1 Seresta

De veldopbrengst en het uitbetalingsgewicht (ubg) namen toe tot een N-gift van 225 kg N/ha (object D). Een hogere gift gaf geen verdere toename van de knolproductie en het ubg (tabel 8). De productie en het ubg bij object J waren significant hoger dan bij object C dan wel het gemiddelde van C, H, I en K (die alle alleen de basisgift stikstof van 150 kg N per ha hebben gehad). De spreiding van de opbrengstcijfers was groot in de proef (zie bijlage 8), wat ook tot uiting komt in de verschillen tussen de objecten C, H, I en K. Het effect van de stikstofbemesting was relatief klein. Zonder stikstofbemesting werd al ca. 85% van de maximale opbrengst gerealiseerd. De veldopbrengst was aan de lage kant in vergelijking tot de opbrengsten in andere aardappelproeven op Kooijenburg. Deze proefveldopbrengsten bedroegen gemiddeld bijna 60 ton/ha bij Seresta.

De hoogte van de N-gift had geringe invloed op het onderwatergewicht (owg). Het nam licht af bij verhoging van de N-gift. Deling van de N-gift had geen invloed op het owg.

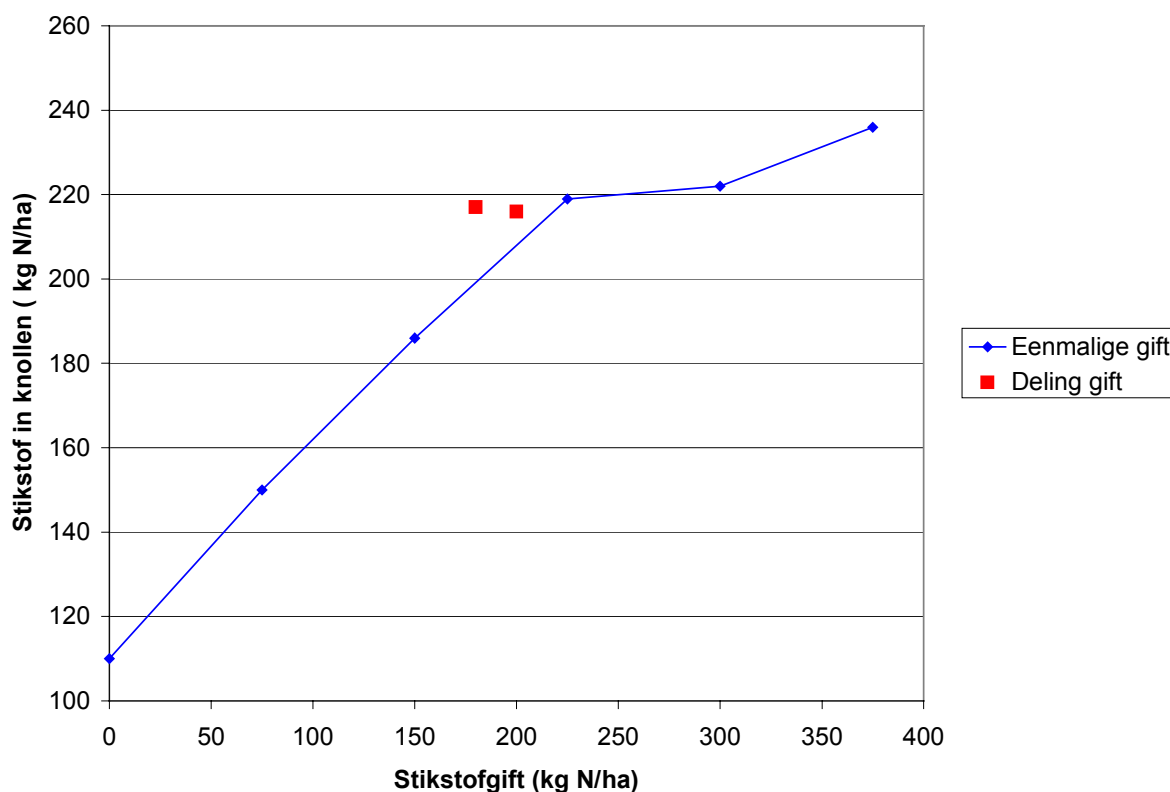
De geschatte economisch optimale gift bij eenmalige toediening aan de basis bedraagt 180 kg N per ha. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval van deze schatting bedraagt 10-347 kg N per ha! De schatting is gemaakt op basis van de objecten A, B, C, D, E, F, H, I en K.

Tabel 8. Resultaten bij Seresta.

Object	Omschrijving	Stikstofgift (kg N/ha)	Veldgewicht (ton/ha)	OWG (g)	Uitbetalingsgewicht (ton/ha)	Recovery stikstof knollen (%)	Nmin 0-60 cm na oogst (kg N/ha)
A	nulobject	0	46,9	541	68,9		24
B	vaste trap 33%	75	50,4	536	73,2	53	29
C	vaste trap 67%	150	51,0	538	74,4	51	33
D	vaste trap 100%	225	54,6	534	79,0	48	41
E	vaste trap 133%	300	52,2	525	73,9	37	70
F	vaste trap 167%	375	54,1	531	77,7	34	114
G	NBS-bodem	200	53,8	536	78,2	53	39
H	bladsteeltjesmethode	150	54,2	533	78,2	56	31
I	aardappelmonitoring	150	50,1	543	73,8	47	33
J	CropScan	180	55,3	535	80,2	59	32
K	chlorofylmeting	150	50,0	539	73,1	48	35
<i>Isd (p ≤ 0,05)</i>			3,7	13	5,5	10	15
C, H, I en K gemiddeld		150	51,3	538	74,9	50	33
<i>Isd (p ≤ 0,05)¹</i>			3,1	10	4,4	8	7

Noot:

1. Isd-waarde voor de vergelijking van het gemiddelde van de objecten C, H, I en K met een de overige objecten



Figuur 4. Effect van de stikstofgift op de stikstofopname in de knollen van Seresta.

Hoewel een hogere N-gift leidde tot een stijging van de opgenomen hoeveelheid stikstof in de knollen (figuur 4), daalde de recovery van stikstof in de knollen (tabel 8). Tot een gift van 225 kg N per ha was die daling gering, daarboven daalde de recovery sterk.

Deling van de N-gift (objecten G en J) leidde tot een significant hogere recovery van gemiddeld 8% dan wel een significant hogere N-opname in de knollen van gemiddeld 16 kg N per ha (figuur 4). De N-opname in de knollen was bij de objecten G en J even hoog als bij een eenmalige gift aan de basis van 225 kg N per ha. Het verschil in N-opname tussen de objecten C, H, I en K was relatief kleiner dan het verschil in opbrengst. De opbrengstverschillen waren niet te verklaren uit (toevallige) verschillen in N-opname, maar moeten vooral het gevolg zijn geweest van andere groeifactoren die zichtbaar binnen het proefveld varieerden (zie ook bijlage 8).

De hoeveelheid N_{min} die na oogst achterbleef in de laag 0-60 cm was hoger naarmate de N-gift hoger was. Tot een gift van 225 kg N per ha was de toename gering, daarboven nam de N_{min}-hoeveelheid sterk toe. De verschillen zijn mogelijk nog genivelleerd door uitspoeling in augustus.

3.2.2 Mercator

Stikstofbemesting had een gering effect op de opbrengst (tabel 9). Een eenmalige gift van 60 kg N per ha aan de basis (object B) was al voldoende; het resulteerde in het hoogste veldgewicht en ubg. Hogere N-giften aan de basis leidden tot een daling van het ubg, als gevolg van een afname van het owg. Het owg nam bij verhoging van de N-gift sterker af dan bij Seresta (hetgeen van een laat ras als Mercator is te verwachten). Deling van de N-gift had geen invloed op het owg.

Het ubg van de objecten G en J verschilde niet significant van dat van object B. Hoewel bijbemesting niet nodig was (na de basisgift van 120 kg N per ha), had het dus ook geen duidelijk nadelige invloed.

De spreiding van de opbrengstcijfers was groot in de proef (zie bijlage 8), wat ook tot uiting komt in de verschillen tussen de objecten C, H, I en K.

Bij het nulobject werd al ca. 90% van de maximale opbrengst gerealiseerd. Het effect van de stikstofbemesting was derhalve klein. De veldopbrengst bij de bemeste objecten was aan de lage kant in vergelijking tot de opbrengsten in andere aardappelproeven op Kooijenburg. Deze proefveldopbrengsten bedroegen gemiddeld ruim 60 ton/ha bij Mercator.

Een hogere N-gift leidde wel tot een toename van de opgenomen hoeveelheid stikstof in de knollen (figuur 5). De recovery nam echter lineair af bij stijging van de N-gift (tabel 9).

Deling van de N-gift gaf een significant hogere stikstofopname in de knollen bij object G, maar bij object J was de verhoging niet significant. Hiervoor is geen goede verklaring.

Het verschil in N-opname tussen de objecten C, H, I en K was relatief kleiner dan het verschil in opbrengst. De opbrengstverschillen waren niet te verklaren uit (toevallige) verschillen in N-opname, maar moeten vooral het gevolg zijn geweest van andere groeifactoren die zichtbaar binnen het proefveld varieerden (zie ook bijlage 8).

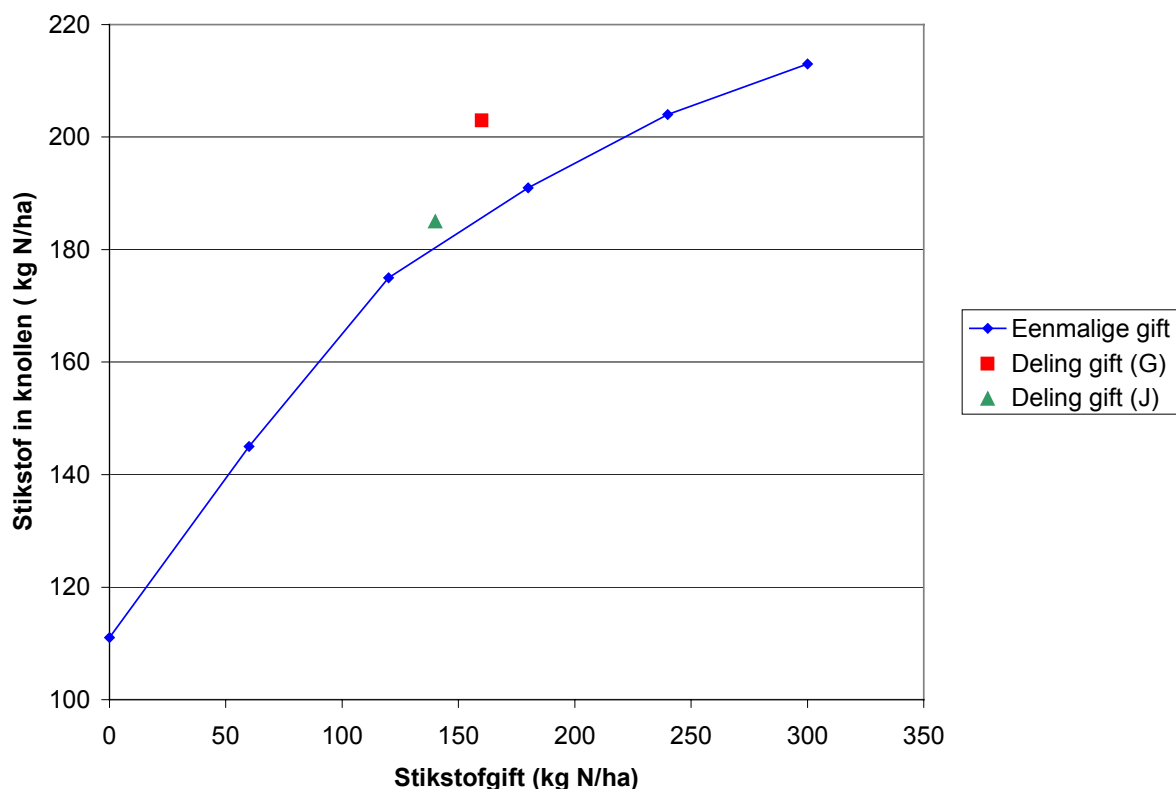
De hoeveelheid N_{min} die na oogst achterbleef in de laag 0-60 cm was bij alle objecten laag. Weliswaar is bij Mercator twee weken later gemeten dan bij Seresta, maar in die tussentijd viel weinig neerslag (20 mm). Onduidelijk is, waar de stikstof is gebleven.

Tabel 9. Resultaten bij Mercator.

Object	Omschrijving	Stikstofgift (kg N/ha)	Veldgewicht (ton/ha)	OWG (g)	Uitbetalingsgewicht (ton/ha)	Recovery stikstof knollen (%)	Nmin 0-60 cm na oogst (kg N/ha)
A	nulobject	0	49,5	533	71,5		13
B	vaste trap 33%	60	53,3	533	77,1	57	21
C	vaste trap 67%	120	53,7	520	75,2	51	22
D	vaste trap 100%	180	52,8	506	71,4	44	26
E	vaste trap 133%	240	51,5	493	67,5	39	29
F	vaste trap 167%	300	54,4	495	71,7	34	24
G	NBS-bodem	160	57,5	509	78,4	57	21
H	bladsteeltjesmethode	120	54,6	508	74,3	54	23
I	aardappelmonitoring	120	55,5	507	75,3	57	24
J	CropScan	140	53,9	515	74,5	53	22
K	chlorofylmeting	120	54,7	512	75,2	51	25
<i>Isd (p ≤ 0,05)</i>			3,2	13	5,3	12	5
C, H, I en K gemiddeld		120	54,6	512	75,0	53	23
<i>Isd (p ≤ 0,05)¹</i>			2,4	11	4,0	9	4

Noot:

1. Isd-waarde voor de vergelijking van het gemiddelde van de objecten C, H, I en K met een de overige objecten



Figuur 5. Effect van de stikstofgift op de stikstofopname in de knollen van Mercator.

4 Discussie

De opbrengst was aan de lage kant in vergelijking tot elders behaalde opbrengsten. De door de SPAD-methode voorspelde uitbetalingsgewichten werden duidelijk niet gehaald. De productie werd door andere groeifactoren geremd dan stikstof. Desondanks moet het ideale bijmeststelsel aangeven wat onder de gegeven groeiomstandigheden een juiste bijmestgift is.

Bij het ras Seresta leek in de zomer een kleine bijmestgift nodig, van ca. 30 kg N per ha, bovenop de basisgift van 150 kg N per ha. Dit advies werd gegeven door de CropScan-methode en de bladsteeltjesmethode (mits het advies was opgevolgd). Hierdoor werd 60 kg N per ha bespaard ten opzichte van bemesting volgens de stikstofbemestingsrichtlijn uit de adviesbasis bemesting. Het gaf een gelijkwaardig uitbetalingsgewicht als een eenmalig gift aan de basis van 225 kg N per ha en een wat betere N-benutting door deling van de N-gift. Bovendien resulteerde het in een vrij lage hoeveelheid N_{min} in de bodemlaag 0-60 cm na de oogst. Echter, ook bij de eenmalige gift van 225 kg N per ha was deze rest-N_{min} vrij laag. Bij hogere giften bleef duidelijk meer stikstof achter en daalde ook de benutting sterk.

Bij Mercator was geen bijmestgift nodig, na de basisgift van 120 kg N per ha. Dit advies werd gegeven door aardappelmonitoring van Altic en door de SPAD-methode. Hierdoor werd 65 kg N per ha bespaard ten opzichte van bemesting volgens de stikstofbemestingsrichtlijn uit de adviesbasis bemesting. Ook werd daardoor een hoger uitbetalingsgewicht verkregen ten opzichte van een eenmalige gift aan de basis van 180 kg N per ha of hoger. Hoe groot het financieel voordeel is van de toepassing van stikstofbijmestsystemen, wordt in de eindrapportage van dit onderzoeksproject beoordeeld. Merkwaardig genoeg waren er nauwelijks verschillen tussen de objecten wat betreft de hoeveelheid N_{min} in de bodemlaag 0-60 cm na oogst. Deze was bij alle objecten laag. Dit roept de vraag op in hoeverre de gemeten N_{min} na de oogst in de bodemlaag 0-60 cm een goede indicatie geeft of er nauwkeurig is bemest.

De stikstofbehoefte van Mercator was aanzienlijk lager dan die van Seresta, nog meer dan volgens de vroegheidscorrectie die de adviesbasis bemesting aangeeft. Een gift van 60 kg N per ha was al voldoende. Wanneer deze hoeveelheid als basisgift was toegediend (in plaats van de huidige basisgift van 120 kg N per ha), had een besparing van 125 kg N per ha kunnen worden behaald, indien aardappelmonitoring en de SPAD-methode ook dan zouden hebben geadviseerd om niet bij te bemesten. In de proef van 2003 wordt de basisgift bij zowel Mercator als Seresta verlaagd.

NBS-bodem, de bladsteeltjesmethode en de CropScan-methode gaven bij de huidige basisgift van 120 kg N per ha (ten onterechte) het advies om bij te bemesten. Bij lagere basisgift was het bijmestadvies misschien nog hoger geweest. Dat deze systemen het advies gaven om bij te bemesten, terwijl de stikstofvoorziening meer dan voldoende was, roept de vraag op of de gehanteerde normen voor bijbemesting ook voor een ras als Mercator juist zijn of dat ze voor dit ras zouden moeten worden aangepast. Vervolgonderzoek zal dit moeten uitwijzen. Bij de bladsteeltjesmethode bijvoorbeeld, wordt voor alle zetmeelaardappelen één normlijn gehanteerd voor het verloop van het nitraatgehalte in de bladsteeltjes. Verbetering is wellicht mogelijk door rasspecifieke normlijnen op te stellen.

NBS-bodem had zonder de gemaximeerde giften veel te hoge bijmestadviezen gegeven. Dit was een gevolg van:

- een te hoge schatting van de stikstofbehoefte van het gewas, doordat de gehanteerde stikstofopname-curve van NBS-bodem ten opzichte van het werkelijke opnamepatroon een te lage stikstofopname aangaf in de eerste twee maanden na opkomst en een te hoge opname in de periode daarna;
- een mogelijke onderschatting op 24 juni van de voor het gewas beschikbare hoeveelheid stikstof in de bodem. Het is de vraag of een N_{min}-meting in de laag 0-30 cm een goede indicatie geeft van de beschikbare hoeveelheid stikstof voor het gewas. In de proef van 2003 zal hieraan extra aandacht worden besteed;
- een vrij lage aftrek voor de mineralisatie bij Stikstof^{plus}. Met de basismineralisatie van de bodem is geen rekening gehouden.

De stikstofopnamecurve op basis van de temperatuursom stemde veel beter overeen met het actuele opnameverloop.

Voor de overige bijmestsystemen is het na één proefjaar en mede gelet op het wisselende resultaat per ras, nog te vroeg om deze goed ten opzichte van elkaar te kunnen beoordelen. Bovendien is de vraag in hoeverre de systemen bij de gevonden kleine verschillen in adviesgift (20-30 kg N per ha) goed van elkaar zijn te onderscheiden. Bij de beoordeling van bijmestsystemen onder veldomstandigheden moet er rekening mee worden gehouden dat de uitslag van de meting bij elk systeem (en daardoor ook het bijmestadvies) wordt beïnvloed door de proefveldvariatie. Daarnaast wordt de meetuitslag beïnvloed door de onnauwkeurigheid van het meetsysteem zelf.

Het is daarom belangrijk om de systemen meerdere jaren, onder verschillende omstandigheden te beproeven. Pas als een systeem zich structureel onderscheidt van andere, kan een oordeel worden gegeven. In de eindrapportage van dit onderzoeksproject zal nader worden ingegaan op de vraag bij welk verschil in adviesgift de systemen van elkaar zijn te onderscheiden dan wel moet worden aangenomen dat het verschil op toeval berust.

5 Conclusies

Bij Seresta leken de CropScan-methode en de bladsteeltjesmethode het juiste bijmestadvies te geven en kon 60 kg N per ha worden bespaard ten opzichte van bemesten volgens de stikstofbemestingsrichtlijn uit de adviesbasis bemesting, zonder verlies van opbrengst en kwaliteit.

Het delen van de stikstofgift bij Seresta leidde tot een wat betere stikstofbenutting dan het als eenmalige gift toedienen van de stikstof aan de basis.

Bij Mercator gaven aardappelmonitoring en de SPAD-methode daarentegen het juiste advies en kon 65 kg N per ha kon worden bespaard ten opzichte van bemesten volgens de stikstofbemestingsrichtlijn. Bovendien werd door toepassing van deze bijmestsystemen een hoger uitbetalingsgewicht verkregen dan wanneer de adviesgift volgens de stikstofbemestingsrichtlijn als eenmalige gift vóór poten was toegediend.

Er had bij Mercator mogelijk een nog grotere besparing kunnen worden behaald, als met een lagere basisgift was gestart.

Het verschil tussen de vier bovengenoemde bijmestsystemen was echter klein en het is nog niet mogelijk te beoordelen welk van de vier het beste is (of dat ze überhaupt veel van elkaar verschillen). Wel bleken alle vier deze systemen een duidelijke besparing op de stikstofgift te geven.

Toepassing van NBS-bodem kan tot (veel) te hoge bijmestadviezen leiden. De gehanteerde stikstofopnamecurve in NBS-bodem lijkt te moeten worden herzien. Verder is nader onderzoek gewenst naar de betrouwbaarheid van de Nmin-meting als indicator voor de hoeveelheid beschikbare stikstof in de bodem voor het aardappel.

Literatuur

Dijk, W. van (2003). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Publicatienr. 307. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad.

IKC-Landbouw (1996). Kiezen uit Gehalten 3. Forfaitaire gehalten voor de Mineralenboekhouding.

Janssen, B.H. Organic Matter and Soil Fertility. LUW-dictaat J 100-225, editie 2002.

Loon, C.D. van, C.B. Bus en A. Veerman (1999). Teelt van zetmeelaardappelen. Teelthandleiding nr. 88. PAV, Lelystad.

Loon, C.D. van, K.H. Wijnholds en A.H.M.C. Baltissen (1995). Optimalisering van de N-voeding van zetmeelaardappelen. Verslag nr. 192. PAGV, Lelystad.

Neeteson, J.J. (1989) Effect of reduced fertilizer nitrogen application rates on yield and nitrogen recovery of sugar beet and potatoes. Netherlands Journal of Agricultural Science 37, p. 227-236.

Steltenpool, J.A.N. en P.J. van Erp (1995). Schatting van de actuele N-opname door aardappelen. Meststoffen 1995, p. 45-50.

Uenk, D., C. Grashoff en R. Booij (2003). Stikstofbijbemesting op aardappelen op basis van omgekeerde N-vensters in combinatie met CropScan. Jaarrapport 2003. PRI, Wageningen.

Bijlage 1. Proefveldschema

KB 1199 Geleide bemestingsystemen in aardappelen

BIJBEMESTEN PRI		25	26	72	73	120	119
Crop-Veld-	numm er	A	K	J	A	E	H
		16	32	48	64	80	96
		28	27	71	74	117	118
		E	F	OPV	K	C	G
		15	31	47	63	79	95
		29	30	70	75	116	115
		H	C	D	I	OPV	F
		14	30	46	62	78	94
		32	31	69	76	113	114
		B	I	G	B	D	J
		13	29	45	61	77	93
24	23	33	34	68	77	112	111
150T2	180T2	A	K	F	B	K	H
12	24	12	28	44	60	76	92
21	22	36	35	67	78	109	110
150T1	180T0	E	G	H	C	F	E
11	23	11	27	43	59	75	91
20	19	37	38	66	79	108	107
180T1	150T0	OPV	B	C	I	OPV	A
10	22	10	26	42	58	74	90
17	18	40	39	65	80	105	106
180T0	150T2	D	I	J	G	D	J
9	21	9	25	41	57	73	89
16	15	41	42	64	81	104	103
150T0	150T1	G	C	I	E	A	G
8	20	8	24	40	56	72	88
13	14	44	43	63	82	101	102
180T2	180T1	F	K	A	OPV	J	K
7	19	7	23	39	55	71	87
12	11	45	46	62	83	100	99
180T2	150T1	H	OPV	E	D	F	H
6	18	6	22	38	54	70	86
9	10	48	47	61	84	97	98
150T2	180T1	J	D	B	I	C	B
5	17	5	21	37	53	69	85
8	7	49	50	60	85	96	95
180T0	150T0	I	J	K	E	B	F
4	16	4	20	36	52	68	84
5	6	52	51	59	86	93	94
180T0	180T1	OPV	G	H	K	C	OPV
3	15	3	19	35	51	67	83
4	3	53	54	58	87	92	91
180T2	150T2	D	E	F	A	J	D
2	14	2	18	34	50	66	82
1	2	56	55	57	88	89	90
150T0	150T1	A	B	C	H	G	I
1	13	1	17	33	49	65	81
seresta		Seresta			Mercator 121		

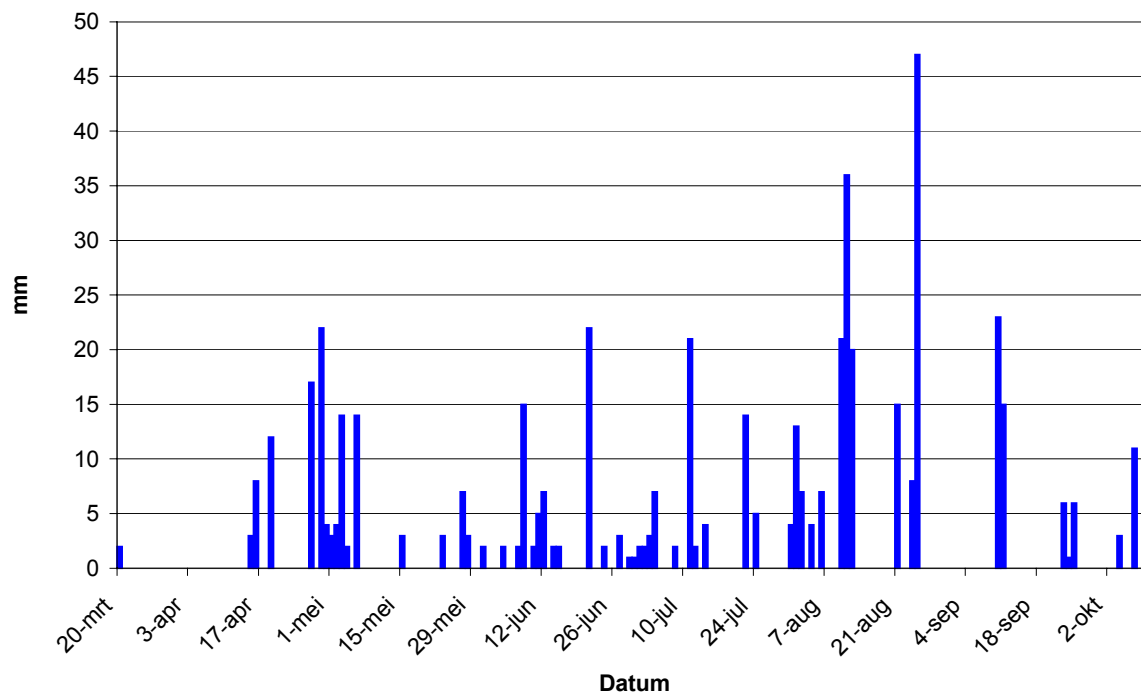
vensterproef van PRI

proef vergelijking geleide bemestingsystemen

OPV = aparte veldjes, waarin de tussehoogsten zijn uitgevoerd

Bijlage 2. Temperatuur (°C), neerslag en gewasverdamping (mm)

Decade	Gemiddelde dagtemperatuur (KNMI-station Eelde)	Hoeveelheid neerslag op proefbedrijf Kooijenburg	Referentie-gewasverdamping (KNMI-station Eelde)	Gewasfactor	Gewasverdamping	Neerslag minus gewasverdamping
april 3	10,3	43				
mei 1	11,3	37				
mei 2	13,8	3				
mei 3	14,1	15	29,7	0,7	20,8	-6
juni 1	14,2	21	30,3	0,9	27,3	-6
juni 2	14,1	16	29,0	1,0	29,0	-13
juni 3	15,0	29	30,1	1,2	36,1	-7
juli 1	15,7	16	22,0	1,2	26,4	-10
juli 2	16,8	27	29,5	1,2	35,4	-8
juli 3	19,2	23	36,5	1,2	43,8	-21
aug 1	18,5	52	25,7	1,1	28,3	24
aug 2	20,5	56	32,3	1,1	35,5	20
aug 3	18,0	70	23,6	1,1	26,0	44
sep 1	16,5	23	24,1	1,0	24,1	-1
sep 2	15,0	15	15,3	0,7	10,7	4
sep 3	12,2	13				
okt 1	10,0	14				
mei 3 t/m juli 3		147			219	-72



Figuur 6. **Dagelijkse hoeveelheden neerslag tussen 20 maart en 10 oktober 2002 op proefbedrijf Kooijenburg.**

Bijlage 3. Uitslagen en adviezen van de verschillende systemen

NBS-bodem

Tabel 10. Berekende adviesgiften volgens stikto^{fplus} (kg N per ha) en volgens de adviesbasis bemesting

Meting 10 juni:

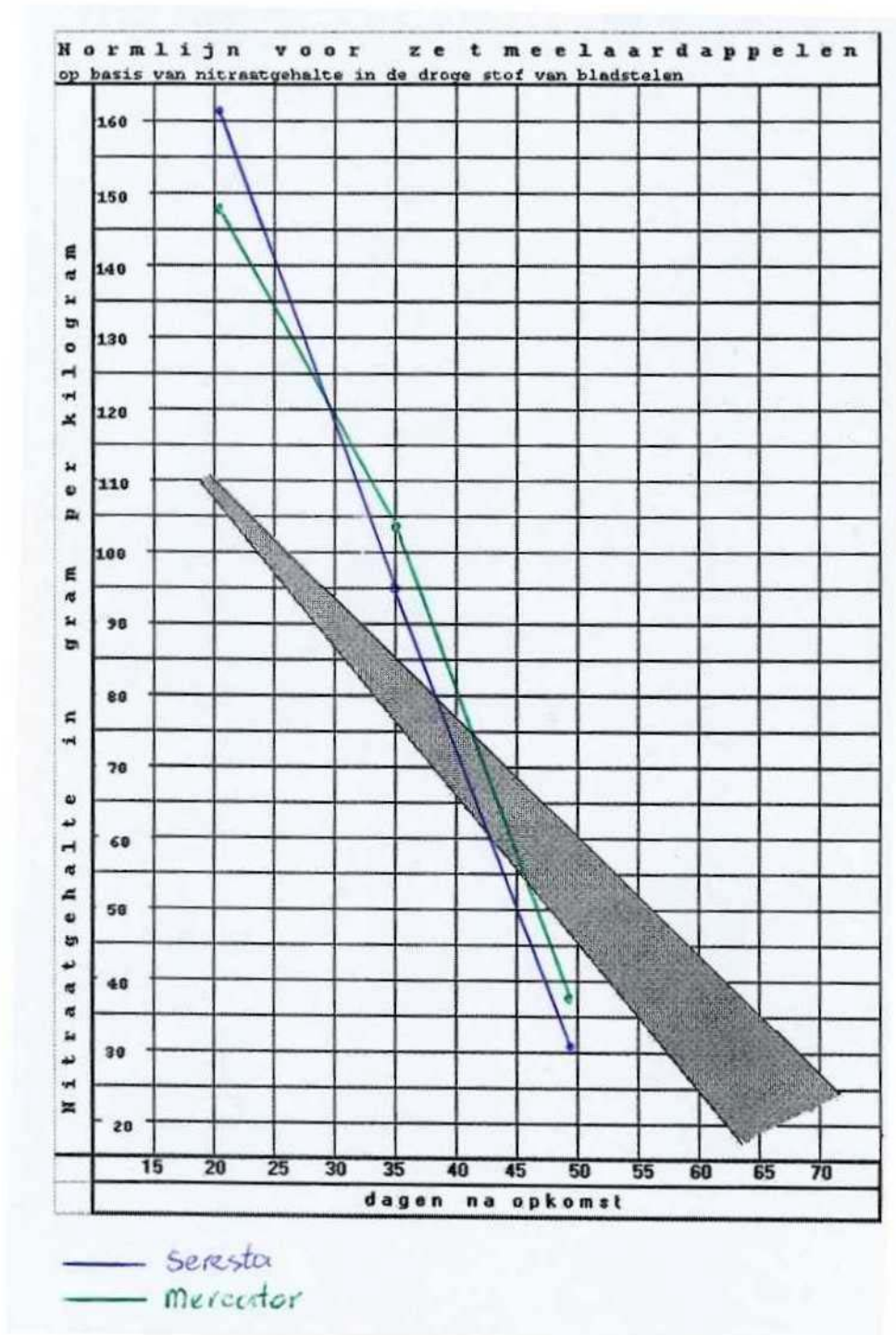
	Stikto ^{fplus}				Advies tot einde teelt volgens adviesbasis bemesting	
	Advies tot 8 juli		Advies tot einde teelt			
	Seresta	Mercator	Seresta	Mercator	Seresta	Mercator
N-behoefte	46	37	190	154	189	174
Opbrengstcorrectie	0	0	0	0		
Buffer	30	30	35	35	60	60
Nmin-voorraad	-121	-85	-121	-85	-121	-85
Mineralisatie	<u>-4</u>	<u>-4</u>	<u>-21</u>	<u>-21</u>	<u>-66¹</u>	<u>-66¹</u>
Berekende gift	0	0	83	83	62	47

Meting 24 juni:

	Stikto ^{fplus}				Advies tot einde teelt volgens adviesbasis bemesting	
	Advies tot 22 juli		Advies tot einde teelt			
	Seresta	Mercator	Seresta	Mercator	Seresta	Mercator
N-behoefte	60	48	172	139	171	156
Opbrengstcorrectie	0	0	0	0		
Buffer	30	30	25	25	50	50
Nmin-voorraad	-20	-16	-20	-16	-20	-16
Mineralisatie	<u>-5</u>	<u>-5</u>	<u>-20</u>	<u>-20</u>	<u>-52¹</u>	<u>-52¹</u>
Berekende gift	65	57	157	128	149	138

Noot 1: berekend over de periode vanaf de meetdatum tot 15 augustus à 1 kg N per ha per dag.

Bladsteeltjesmethode

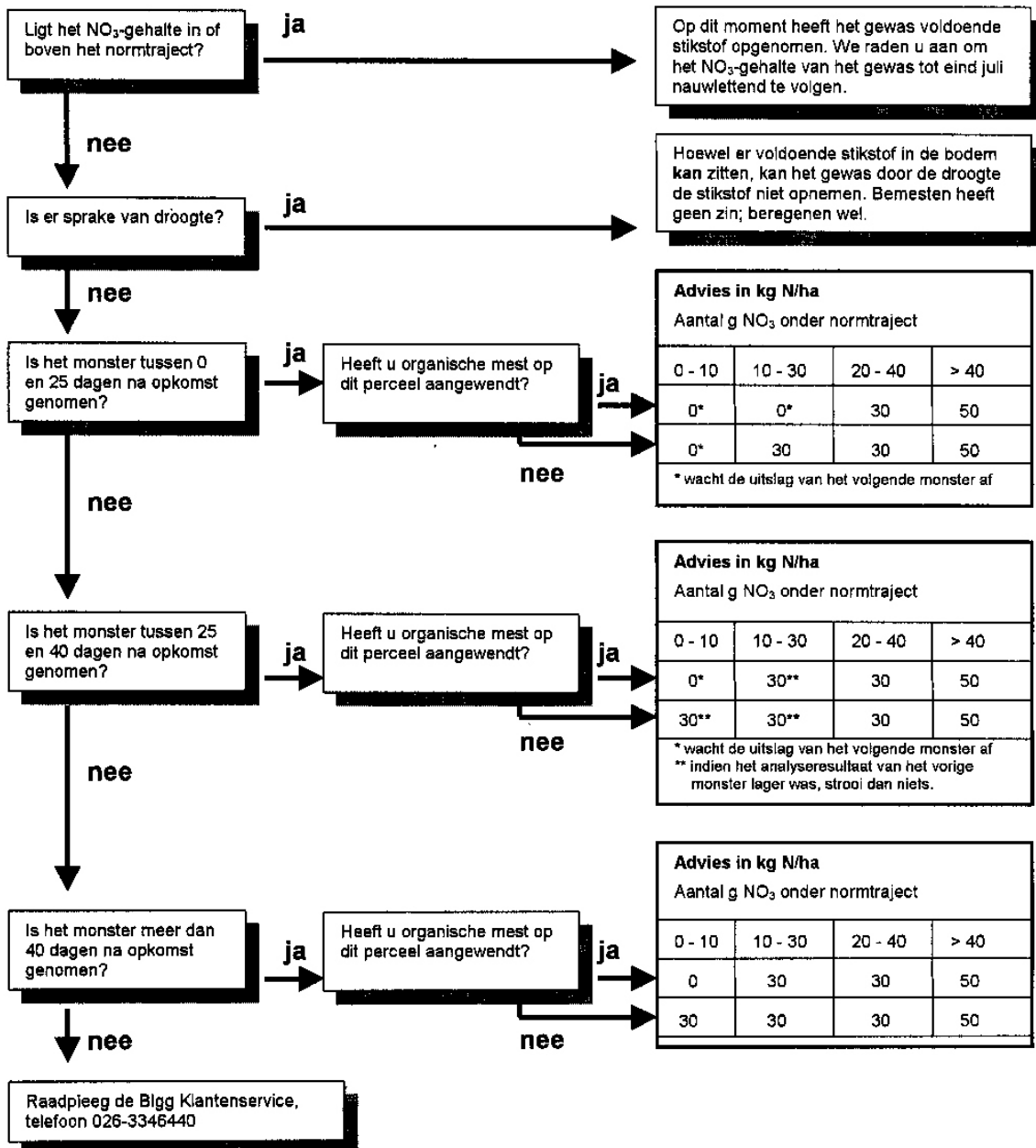


Figuur 7. Verloop nitraatgehalte in de bladsteeltjes op droge stofbasis ten opzichte van de normlijn.

Bemestingsadviesschema

Nitraatanalyse droge stof bladsteeltjes aardappelen

START



Advies in kg N/ha
Aantal g NO₃ onder normtraject

0 - 10	10 - 30	20 - 40	> 40
0*	0*	30	50
0*	30	30	50

* wacht de uitslag van het volgende monster af

Advies in kg N/ha
Aantal g NO₃ onder normtraject

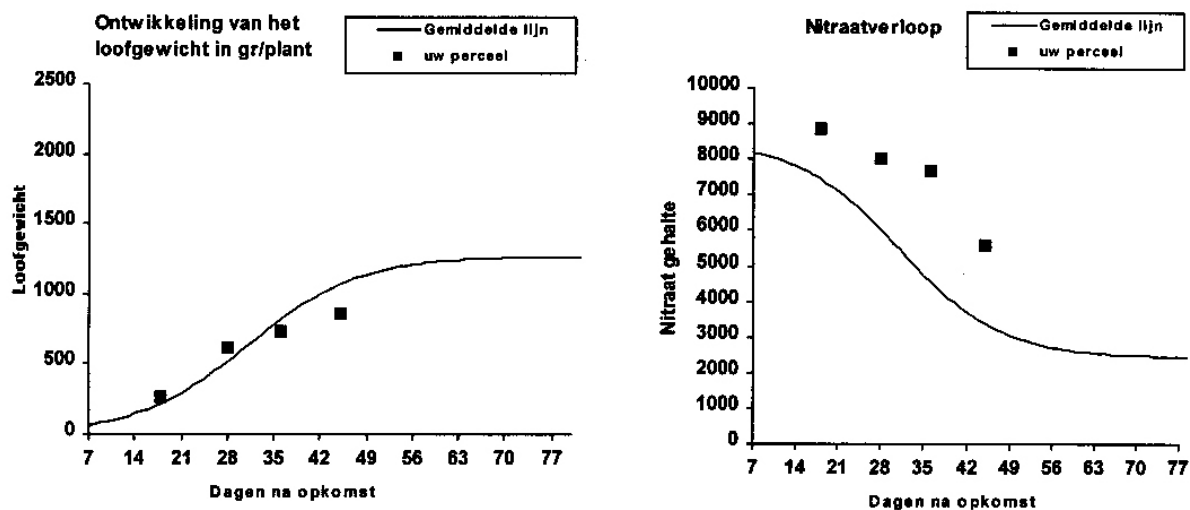
0 - 10	10 - 30	20 - 40	> 40
0*	30**	30	50
30**	30**	30	50

* wacht de uitslag van het volgende monster af
** indien het analysesresultaat van het vorige monster lager was, strooi dan niets.

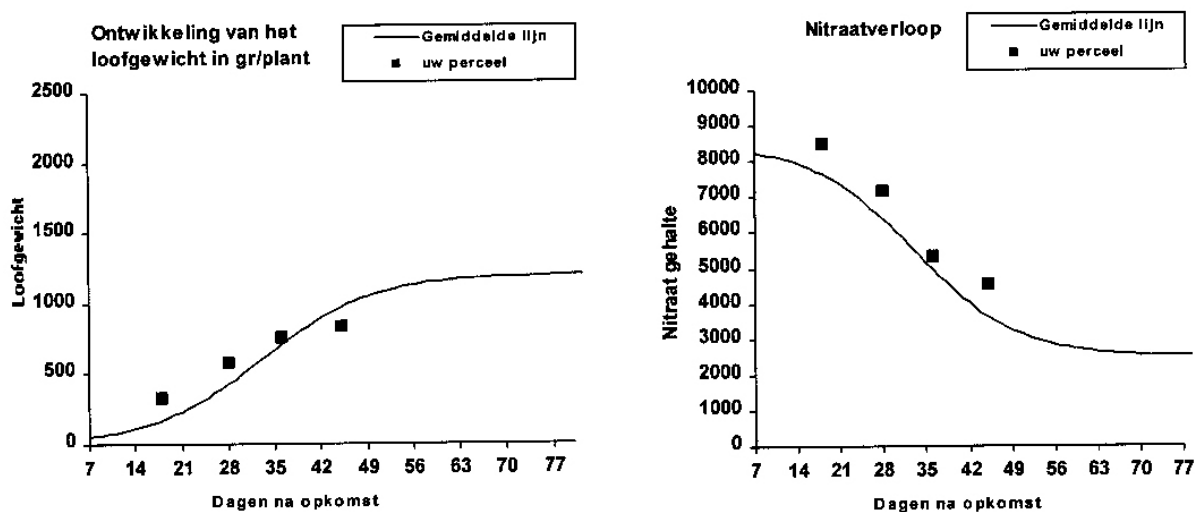
Advies in kg N/ha
Aantal g NO₃ onder normtraject

0 - 10	10 - 30	20 - 40	> 40
0	30	30	50
30	30	30	50

Aardappelmonitoring

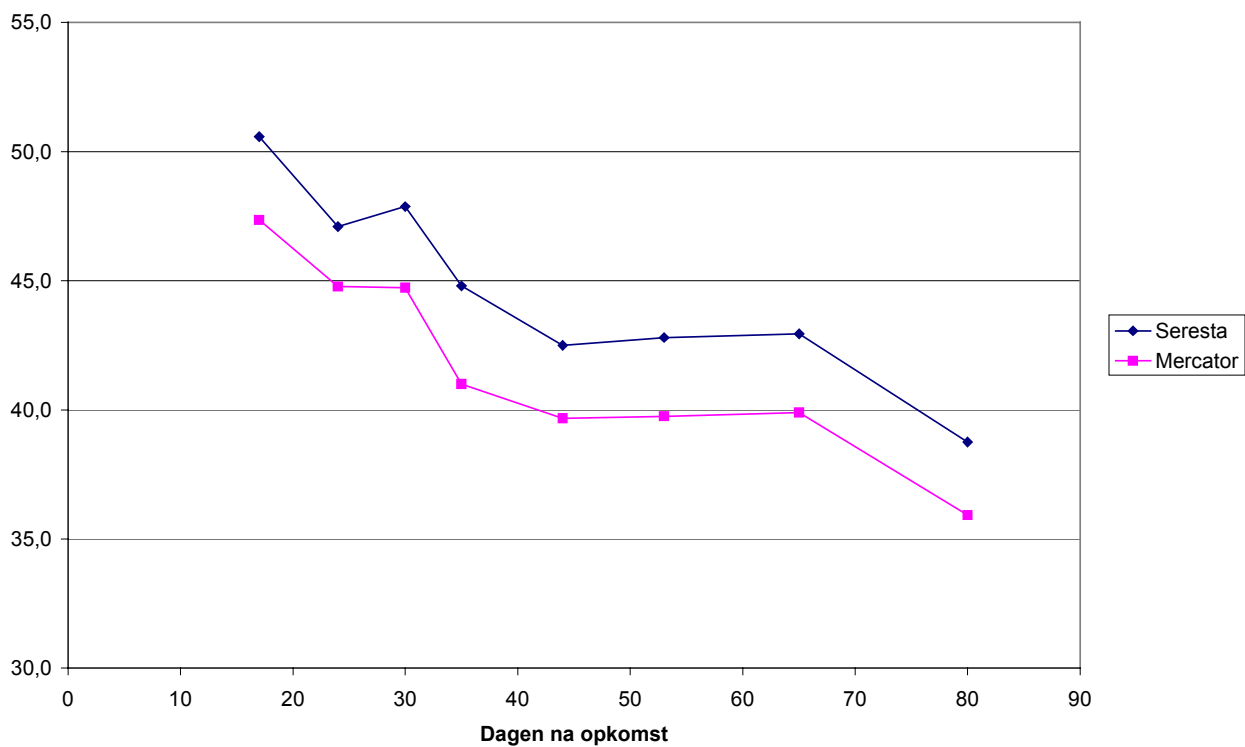


Figuur 8. Verloop nitraatgehalte in het sap van de bladsteeltjes en de ontwikkeling van het loofgewicht ten opzichte van de normlijnen bij Seresta.



Figuur 9. Verloop nitraatgehalte in het sap van de bladsteeltjes en de ontwikkeling van het loofgewicht ten opzichte van de normlijnen bij Mercator.

Chlorofylmetingen

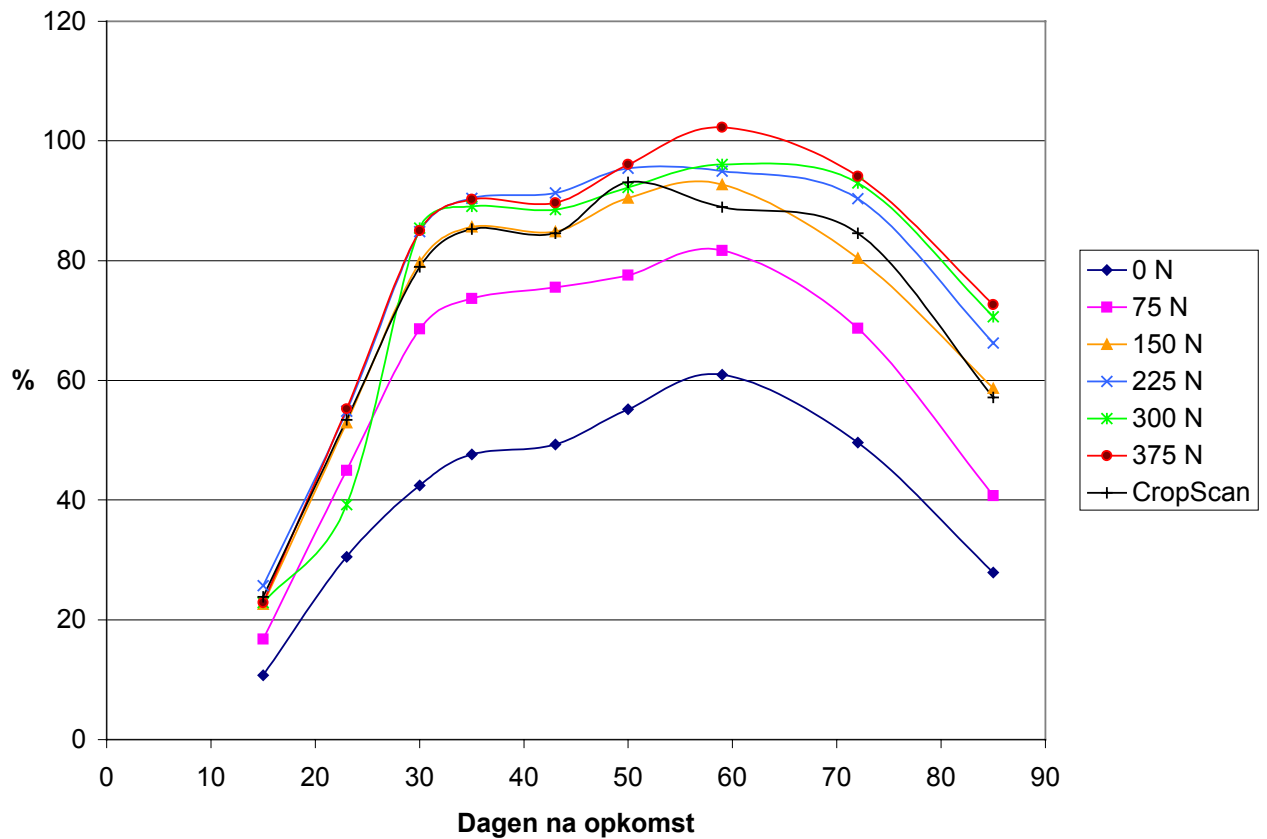


Figuur 10. Verloop van de chlorofylwaarden, gemeten met de SPAD-meter.

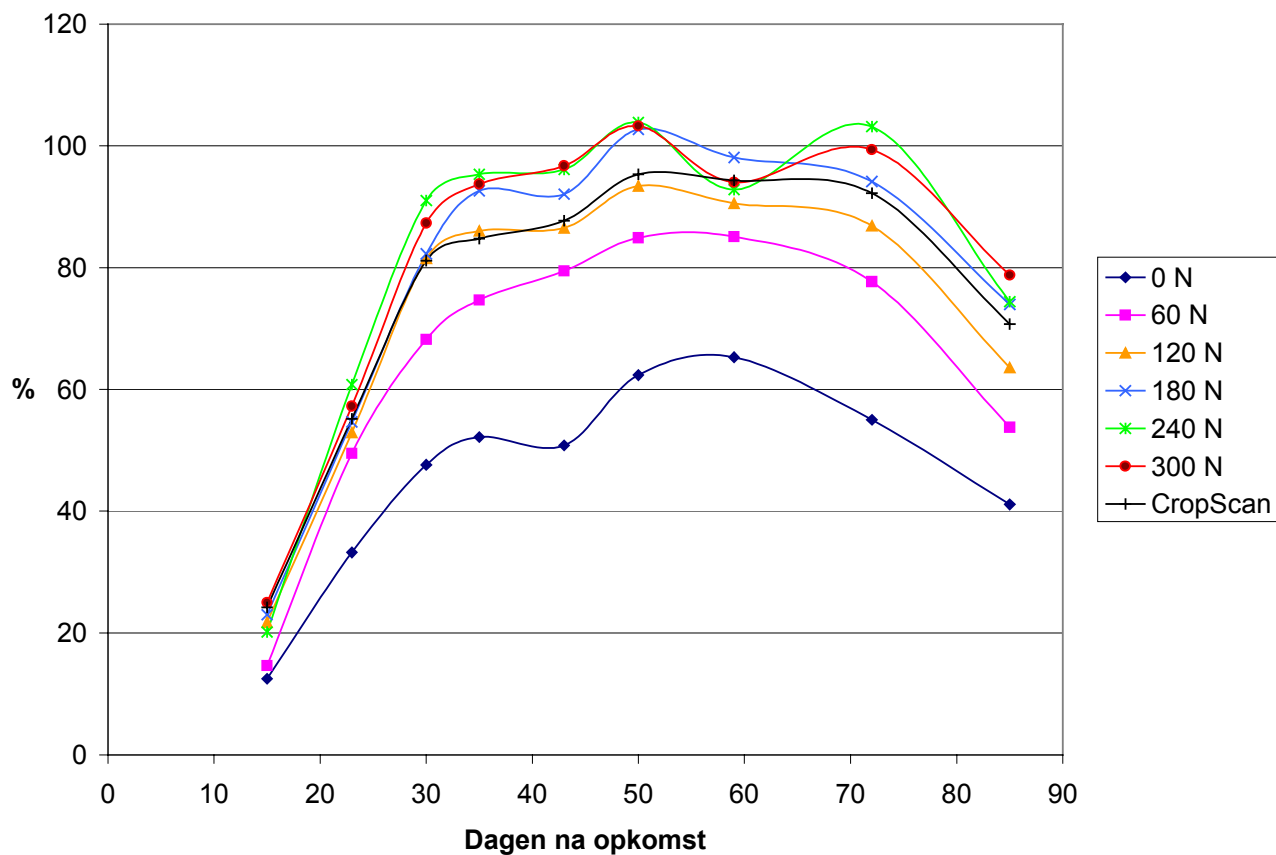
Bijmestadvies:

- Seresta:
voorspeld uitbetalingsgewicht (ubg) = 87 ton/ha
met kans dat ubg > 70 ton/ha = 99%
en kans dat ubg > 90 ton/ha = 33%.
- Mercator:
voorspeld uitbetalingsgewicht (ubg) = 92 ton/ha
met kans dat ubg > 70 ton/ha = > 99%
en kans dat ubg > 90 ton/ha = 58%
- Advies voor beide rassen: niet bijmesten.

Bijlage 4. Bodembedekking, gemeten met de CropScan



Figuur 11. Verloop van bodembedekking (%) in de tijd, gemeten met de CropScan, bij de verschillende N-trappen en het CropScan-object bij Seresta.



Figuur 12. Verloop van bodembedekking (%) in de tijd, gemeten met de CropScan, bij de verschillende N-trappen en het CropScan-object bij Mercator.

Bijlage 5. Verloop van de drogestofproductie en de stikstofopname

De via periodieke oogsten gemeten drogestofproductie en stikstofopname bij object D (eenmalige stikstofgift aan de basis van 225 kg N per ha bij Seresta en 180 kg N per ha bij Mercator) zijn weergegeven in de figuren 13 en 14. Tussen half juni en 1 augustus werd een groeisnelheid vastgesteld van 220 kg d.s. per ha per dag. Daarna nam de gewasgroeisnelheid af. In de loop van het groeiseizoen bleef de drogestofproductie van Mercator wat achter bij die van Seresta. Er kan niet met zekerheid worden gezegd of dit een raseffect is of een gevolg van het verschil in stikstofgift of dat het aan het proefveld lag. Mercator behield langer groen loof en de knolgroei kwam langzamer op gang (wat van een laat ras kan worden verwacht). De knolproductie bleef het gehele groeiseizoen achter bij die van Seresta en was ook bij de oogst nog steeds lager.

De gemeten stikstofopname verliep vanaf opkomst in een bijna rechte lijn à gemiddeld 4,3 kg N per ha per dag tot een maximumopname van ca. 300 kg N/ha rond 1 augustus. Er was nauwelijks verschil tussen de gemeten totale stikstofopname bij Seresta en Mercator.

In de eerste helft van augustus leek de stikstoftoename in de knollen te stagneren, terwijl de drogestofproductie wel toenam. Bij Mercator leek er ook een dip in de productie te zijn opgetreden. De stikstofhoeveelheid in het loof nam in die periode ook af. Dit was voor een klein deel het gevolg van afname van de loofmassa (ongeveer een halve ton d.s. per ha) en voor het grootste deel van daling van het stikstofgehalte in de droge stof (figuur 15). Op grond van de afname van de hoeveelheid stikstof in het loof had een sterkere toename van de hoeveelheid stikstof in de knollen mogen worden verwacht.

Het stikstofgehalte in de droge stof van het loof en de knollen nam gedurende de groeiperiode af, maar was op 29 juli relatief hoog ten opzichte van wat op basis van de trendmatige afname zou mogen worden verwacht. Hiervoor is geen goede verklaring. Er traden in de periode tussen 8 en 30 juli geen bijzondere groeiomstandigheden op, noch was er sprake van stagnatie van de (totale) drogestofproductie.

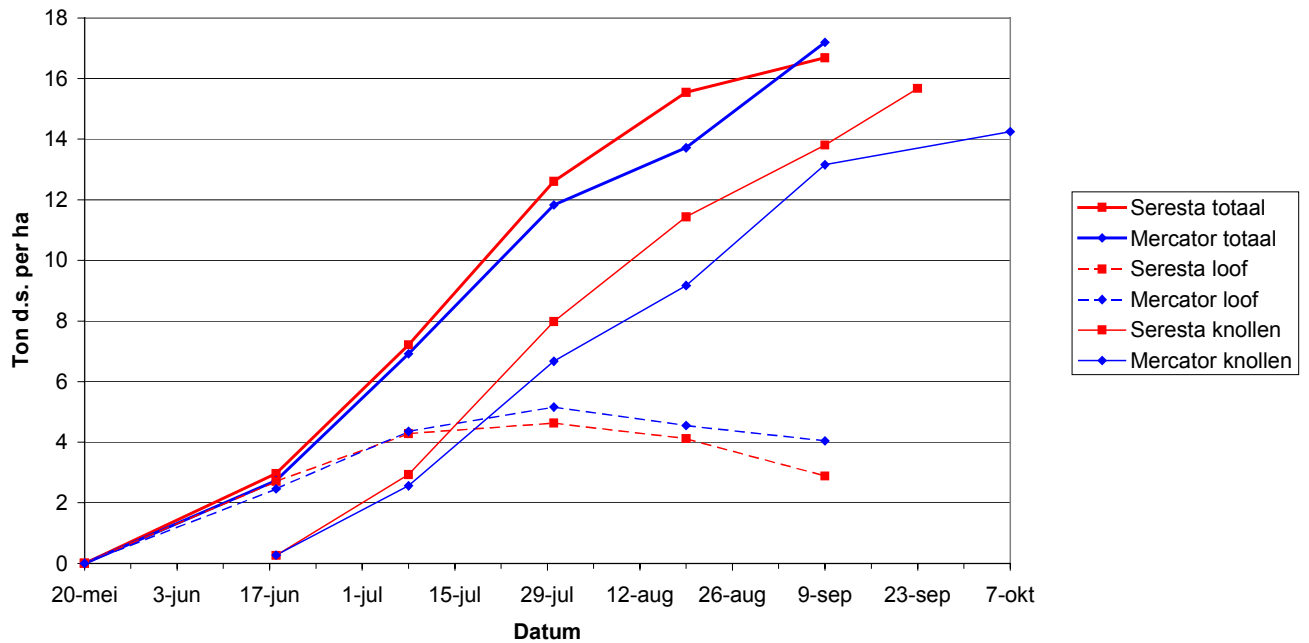
Wanneer wordt aangenomen dat de gemeten fluctuaties op toeval berusten (veldvariatie), kan tussen de meetpunten door een trendlijn worden getrokken. Uit de meetgegevens van de tusse oogsten is in het gemeten traject (29 tot 140 dagen na opkomst) met behulp van regressie-analyse een trendmatig verloop van de drogestofproductie van het loof en de knollen berekend en van het stikstofgehalte in de droge stof. Met de gevonden waarden is vervolgens de stikstofopname berekend. De totale drogestofproductie en stikstofopname zijn berekend door die van loof en knollen op te tellen.

De drogestofproductie van het loof is voor beide rassen afzonderlijk beschreven met een kritisch exponentiële curve (figuur 16), die van de knollen met een logistische curve (figuur 17). De curves beschrijven niet het verloop tussen dag 0 en dag 29. De productie en stikstofinhoud van het gewas op de dag van opkomst (dag 0) zijn op nul gezet.

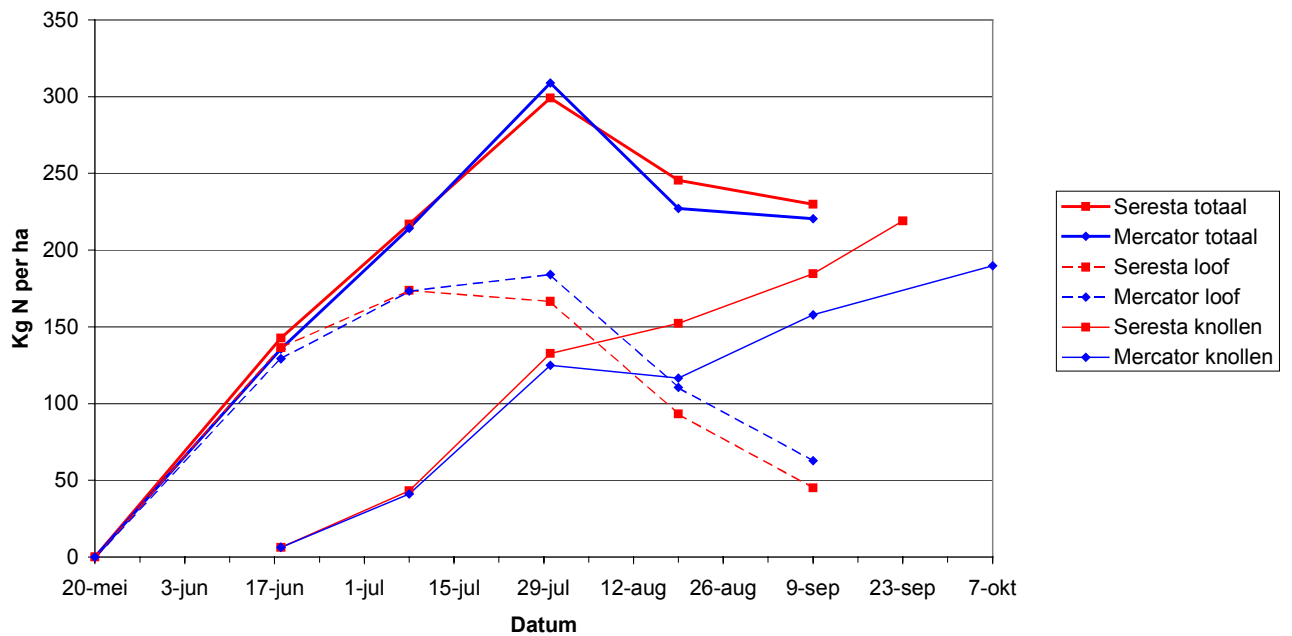
De afname van het stikstofgehalte in het loof is, voor beide rassen samen, beschreven met een rechte lijn (figuur 18) en dat van de knollen met een gewone exponentiële curve (figuur 19).

De hierboven beschreven werkwijze resulteerde in de productie- en stikstofopnamecurves die zijn weergegeven in de figuren 20 en 21. Ook bij dit berekende, trendmatig verloop blijft de knolproductie van Mercator achter bij die van Seresta. De stikstoftoename in de knollen na 1 augustus correspondeert nu beter met de afname van de hoeveelheid stikstof in het loof. De maximum stikstofopname rond 1 augustus komt op zo'n 265 kg N per ha.

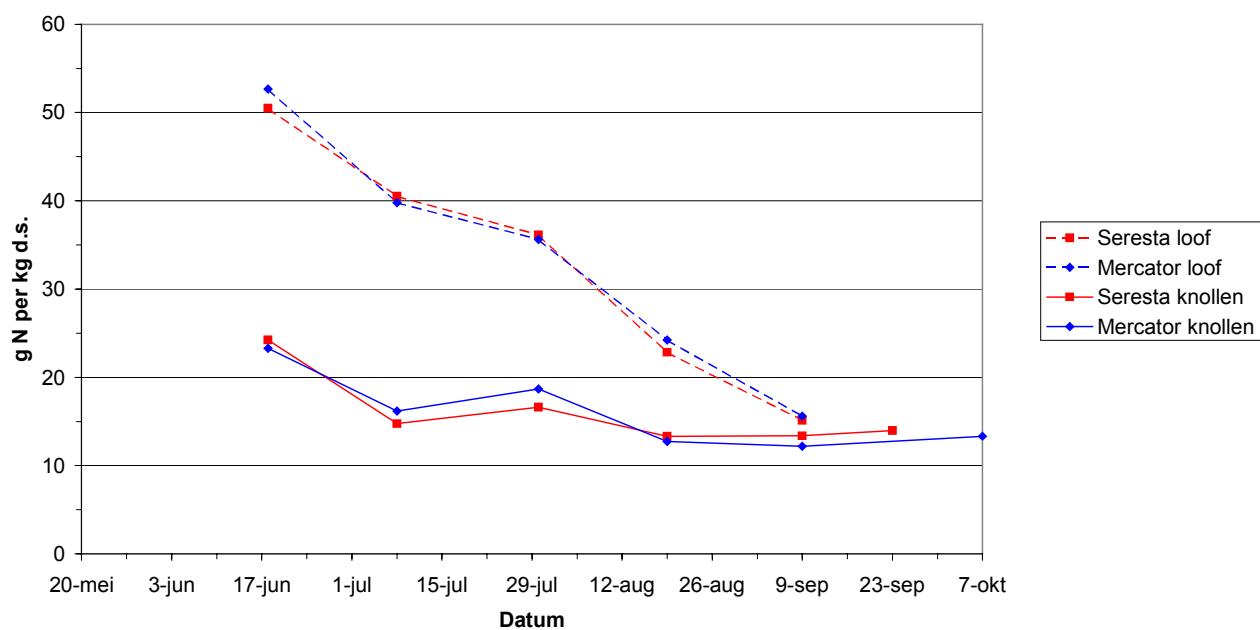
Het actuele stikstofopnameverloop dat in figuur 3 (paragraaf 3.1.2) is weergegeven, betreft het gemiddelde van Seresta en Mercator.



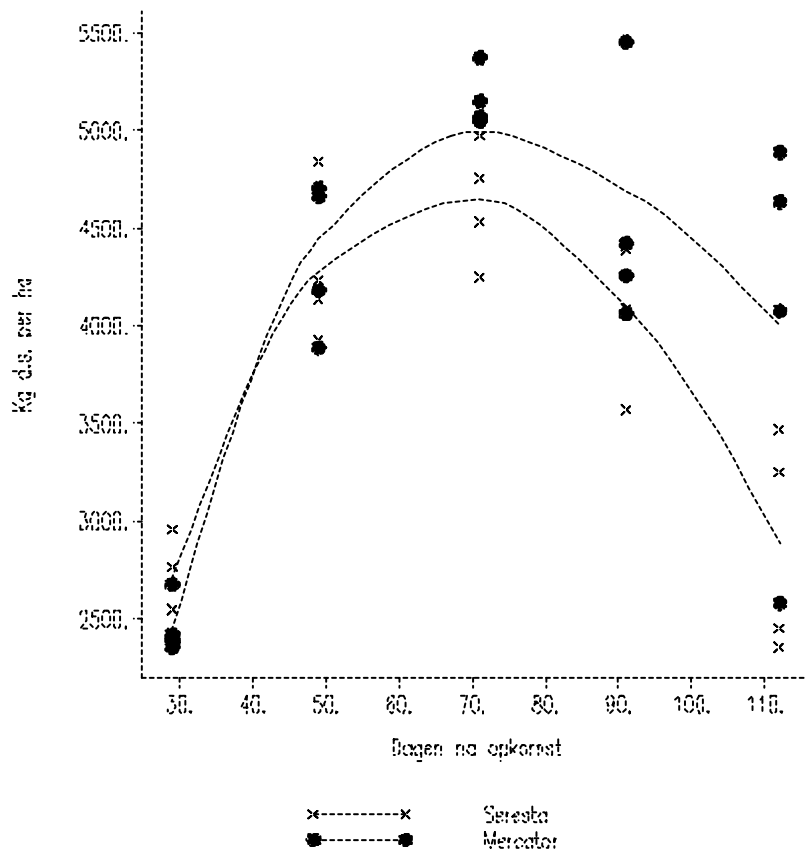
Figuur 13. Gemeten drogestofproductie van het loof, de knollen en het totaal gewas bij een stikstofgift van 225 kg N per ha aan Seresta en 180 kg N per ha aan Mercator.



Figuur 14. Gemeten stikstofopname in het totaal gewas, het loof en de knollen bij een stikstofgift van 225 kg N per ha aan Seresta en 180 kg N per ha aan Mercator.



Figuur 15. **Gemeten stikstofgehalte in de droge stof van het loof en de knollen bij een stikstofgift van 225 kg N per ha aan Seresta en 180 kg N per ha aan Mercator.**



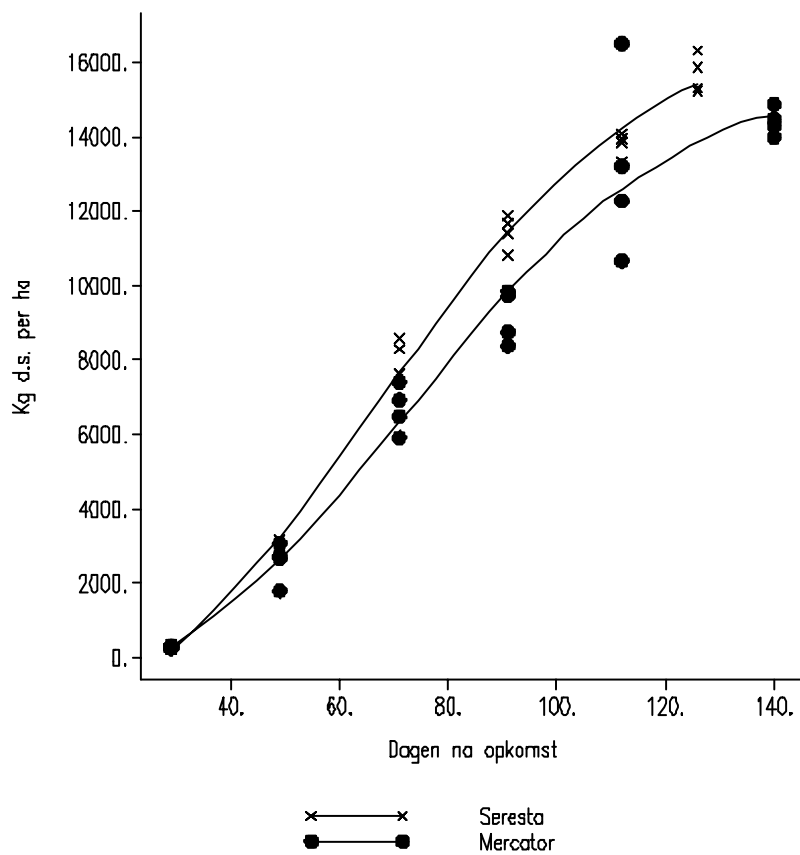
Figuur 16. **Trendmatig verloop drogestofproductie loof (kg per ha) ($R^2 = 0,76$)**

Seresta: $y = (27487 + 474 * x) * 0,99203^x - 29978$

Mercator: $y = (-3570 + 355 * x) * 0,9837^x - 1730$

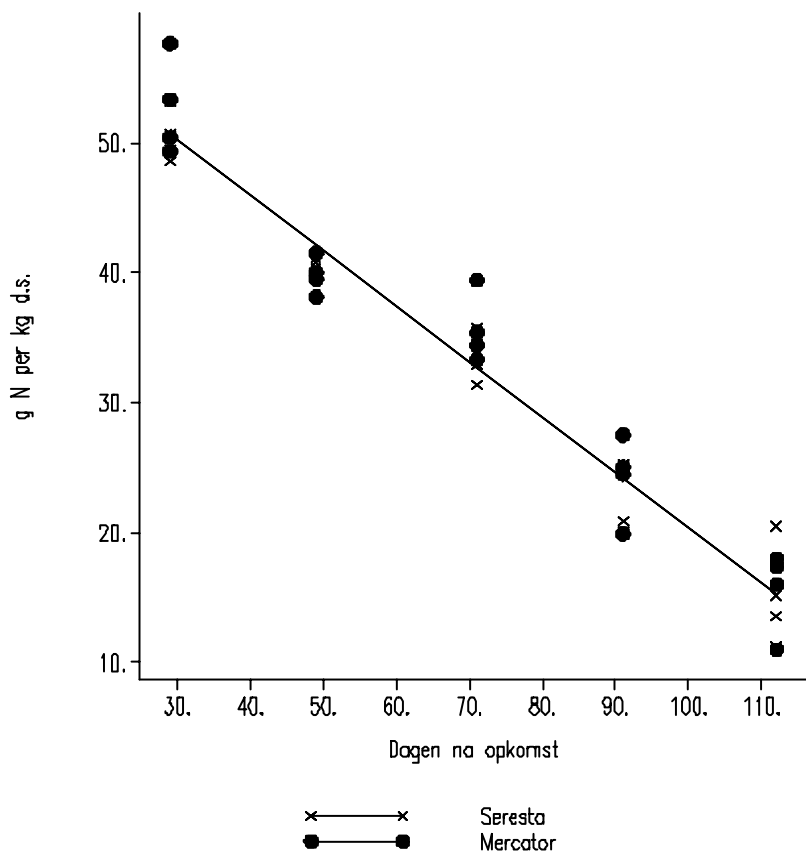
waarbij: y = drogestofproductie

x = aantal dagen na opkomst



Figuur 17. **Trendmatig verloop drogestofproductie knollen (kg per ha) (R² = 0,98)**

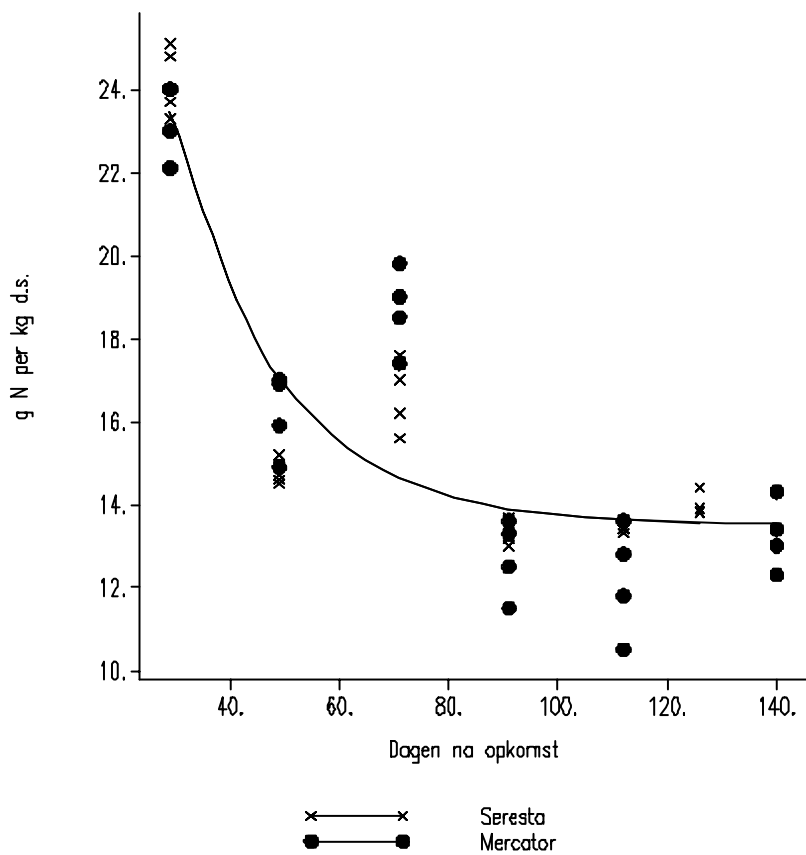
Seresta: $y = 21095 / (1 + \exp(-0,0391 * (x - 66,42))) - 3833$
 Mercator: $y = 18087 / (1 + \exp(-0,0402 * (x - 73,12))) - 2346$



Figuur 18. Trendmatig verloop stikstofgehalte in de droge stof van het loof (R² = 0,95)

$$y = 63,1 - 0,4274 * x$$

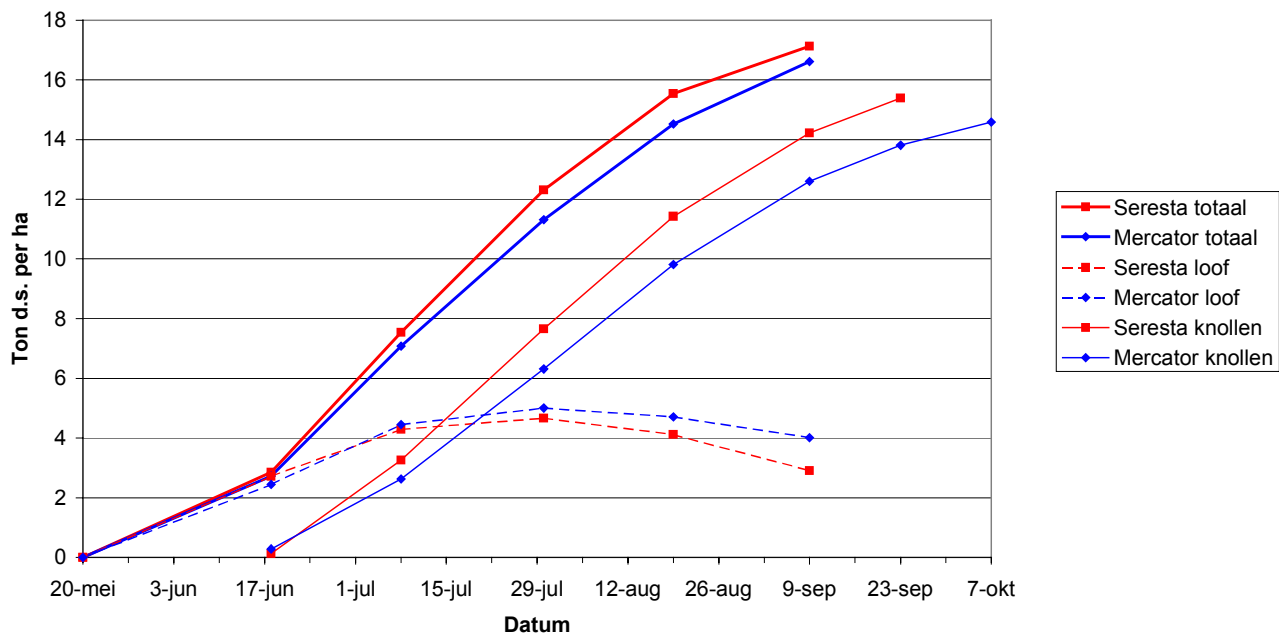
waarbij: y = stikstofgehalte
 x = aantal dagen na opkomst



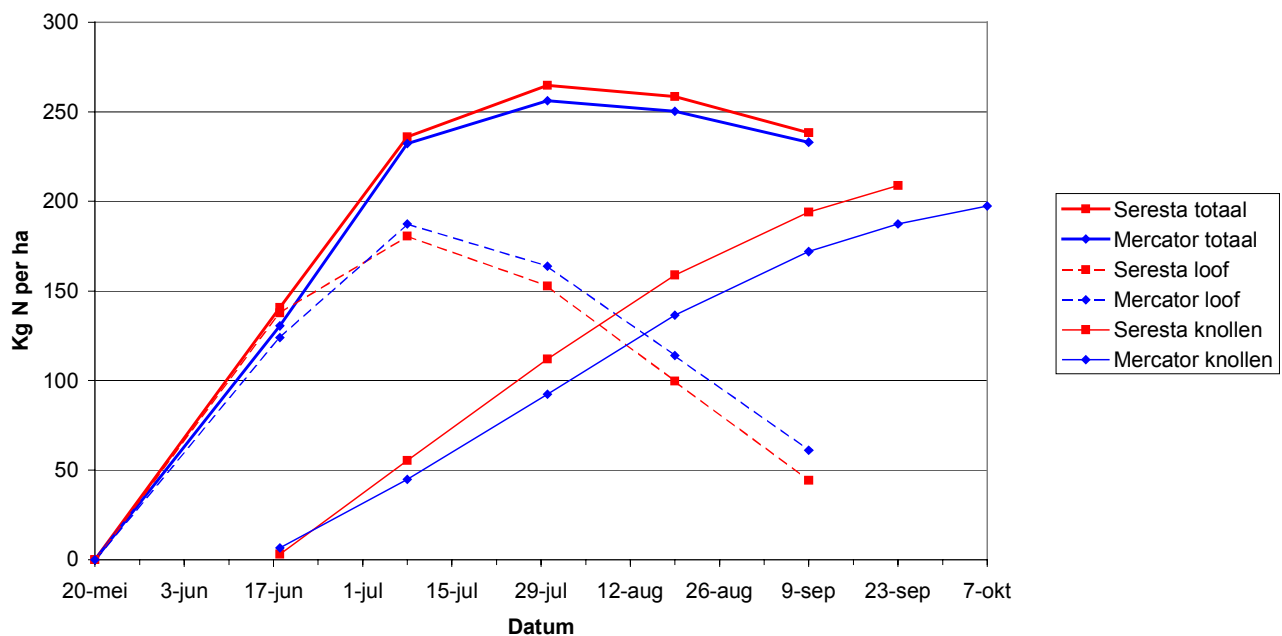
Figuur 19. Trendmatig verloop stikstofgehalte in de droge stof van de knollen

(R² = 0,79)

$$y = 13,5 + 44,9 * 0,9494^x$$



Figuur 20. **Berekende trend drogestofproductie van het loof, de knollen en het totaal gewas bij een stikstofgift van 225 kg N per ha aan Seresta en 180 kg N per ha aan Mercator.**



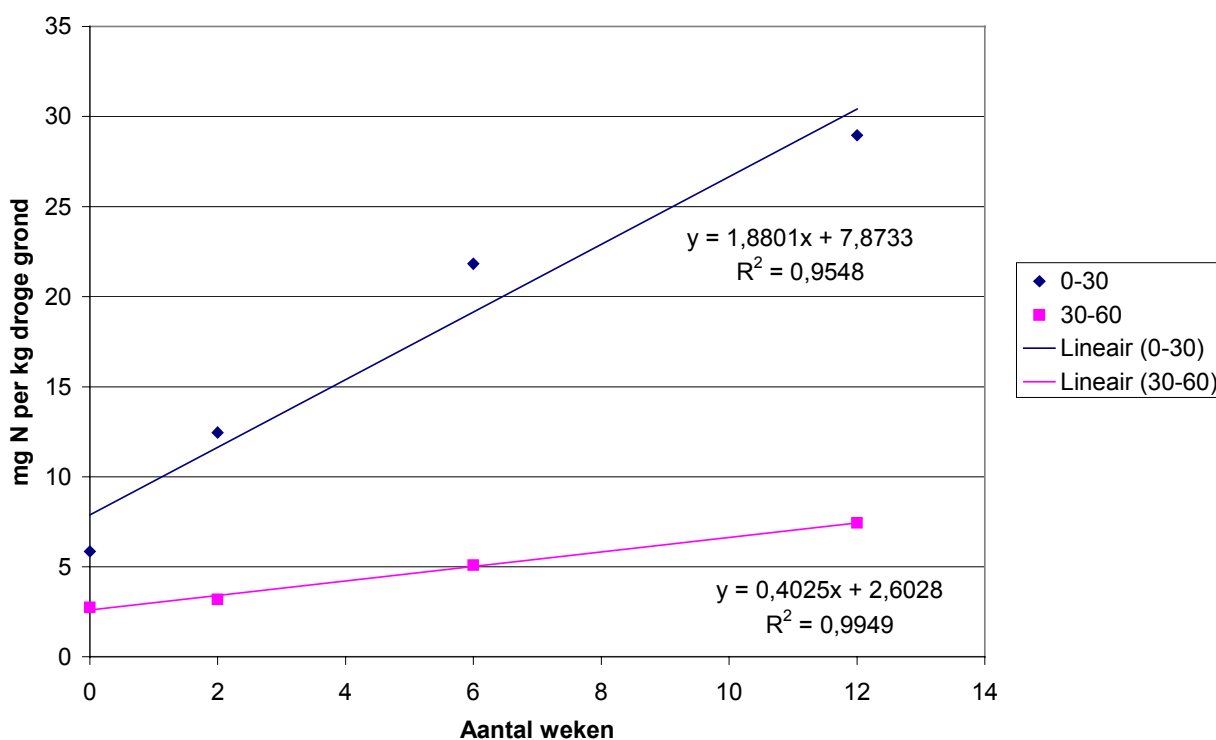
Figuur 21. **Berekende trend stikstofopname in het totaal gewas, het loof en de knollen bij een stikstofgift van 225 kg N per ha aan Seresta en 180 kg N per ha aan Mercator.**

Bijlage 6. Potentiële mineralisatie

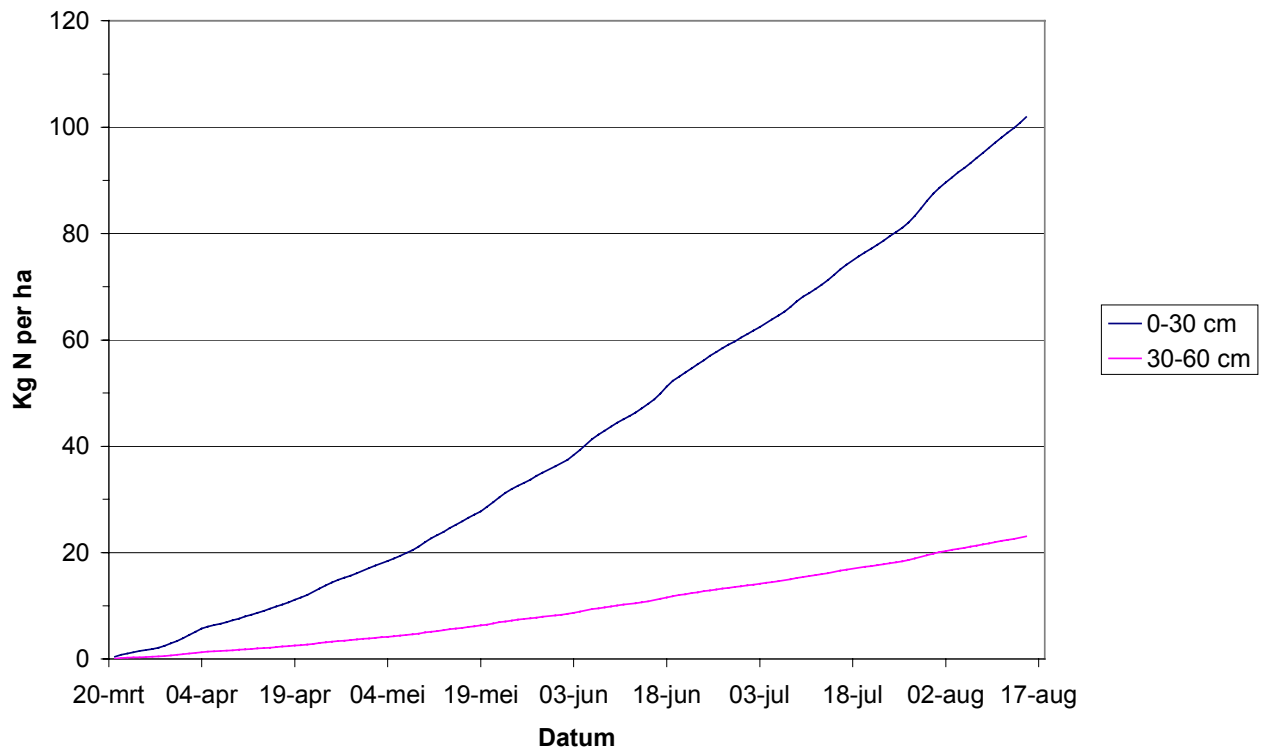
Van de in maart genomen grondmonsters op beide proefvelden van de lagen 0-30 en 30-60 cm is via incubatie bij een constante temperatuur van 20°C en een vochtgehalte van 15% de mineralisatie bepaald. Bij inzet na 2, 6 en 12 weken is de hoeveelheid stikstof in de grond gemeten (mg N per kg droge grond). Er was nauwelijks verschil tussen het Seresta-proefveld en het Merator-proefveld. De resultaten van beide velden zijn daarom gemiddeld. Uit de meetresultaten is met behulp van lineaire regressie de gemiddelde stikstoftoename per week bepaald (figuur 22).

Dit is omgerekend naar kg N per ha volgens: mg N per kg droge grond * drooggewicht van de bemonsterde laag (= volume van de bemonsterd laag * volumegewicht). Het volumegewicht in de laag 0-30 cm is gebaseerd op het organische stofgehalte en berekend volgens Van Dijk, 1993: 1,31 kg per dm³ voor de laag 0-30 cm. Voor de laag 30-60 cm is een waarde van 1,4 kg per dm³ aangenomen.

Op deze wijze is bij een temperatuur van 20°C een gemiddelde mineralisatiesnelheid gevonden van 1,06 kg N/ha per dag voor de laag 0-30 cm en 0,24 kg N/ha per dag voor de laag 30-60 cm. De mineralisatiesnelheid bij andere temperaturen is berekend met de methode van Janssen/Jenkinson (Janssen, 2002). Het verloop van de bodemtemperatuur tijdens het groeiseizoen is niet gemeten. Daarom is uitgegaan van de dagelijkse gemiddelde luchttemperatuur op 1,5 m hoogte, gemeten door het KNMI-station te Eelde. Omdat de temperatuur in de bodem minder fluctueert, is van de gemeten luchttemperatuur het voortschrijdend gemiddelde van drie dagen genomen. De op deze wijze berekende mineralisatie is weergegeven in figuur 23 en tabel 11.



Figuur 22. Mineralisatie van stikstof bij 20°C.



Figuur 23. **Cumulatieve berekende mineralisatie vanaf 20 maart.**

Tabel 11. **Mineralisatie in een aantal perioden.**

Periode	Mineralisatie	
	0-30 cm	30-60 cm
21 maart tot 1 aug	87	20
21 maart t/m 15 aug	102	23
21 maart t/m 5 mei	19	4
10 juni tot 24 juni	12	3
10 juni tot 1 aug	44	10
10 juni tot 15 aug	58	13
24 juni tot 1 aug	32	7
24 juni tot 15 aug	46	11
1 aug t/m 10 aug	10	2

20 maart: bepaling van de bodemvoorraad stikstof na de winter

5 mei: einde van de natte periode eind april-begin mei

10 juni en 24 juni: data Nmin-bemonstering voor NBS-bodem

1 aug t/m 10 aug: de natte periode in het eerste deel van augustus

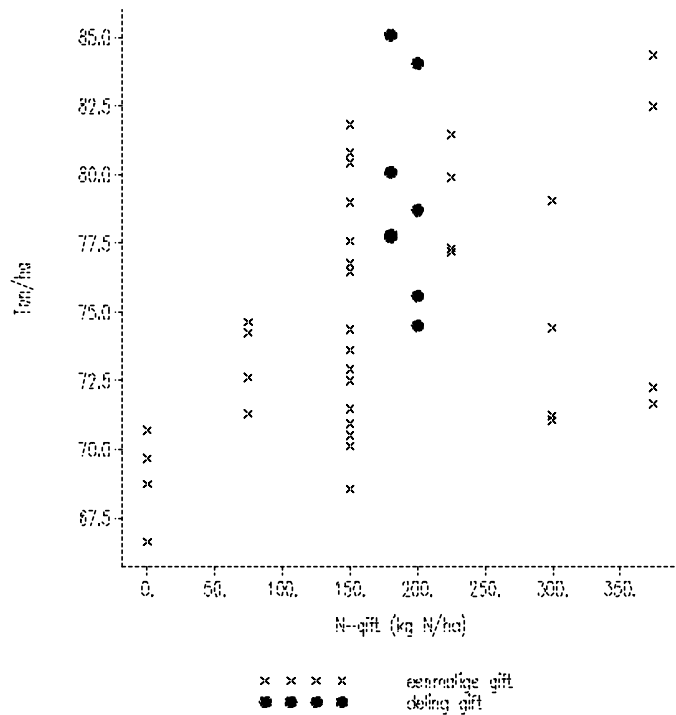
Bijlage 7. Beoordeling gewasstand c.q. mate van loofafsterving op 16 augustus en 3 september

Object	Omschrijving	Seresta			Mercator		
		Stikstofgift (kg N/ha)	Gewasstand ²		Stikstofgift (kg N/ha)	Gewasstand ²	
			16 aug	3 sep		16 aug	3 sep
A	nulobject	0	5,5	5,0	0	5,0	4,8
B	vaste trap 33%	75	6,5	4,8	60	6,5	5,8
C	vaste trap 67%	150	7,5	6,4	120	7,4	7,1
D	vaste trap 100%	225	9,0	7,9	180	8,5	7,6
E	vaste trap 133%	300	9,4	8,6	240	8,9	8,8
F	vaste trap 167%	375	9,6	9,0	300	9,3	9,3
G	NBS-bodem	200	8,8	7,6	160	8,1	7,4
H	bladsteeltjesmethode	150	7,9	7,1	120	7,1	7,0
I	aardappelmonitoring	150	7,8	6,5	120	7,4	6,4
J	CropScan	180	8,4	7,8	140	7,5	7,5
K	chlorofylmeting	150	7,9	6,5	120	6,9	6,5
<i>Isd (p ≤ 0,05)</i>			<i>0,9</i>	<i>0,9</i>		<i>0,5</i>	<i>0,8</i>
C, H, I en K gemiddeld		150	7,8	6,6	120	7,2	6,8
<i>Isd (p ≤ 0,05)¹</i>			<i>0,7</i>	<i>0,7</i>		<i>0,4</i>	<i>0,7</i>

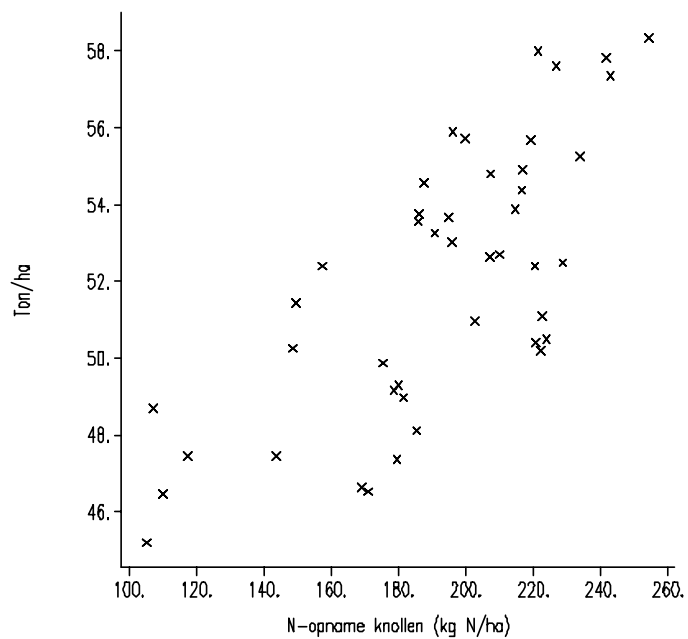
Noten:

1. Isd-waarde voor de vergelijking van het gemiddelde van de objecten C, H, I en K met een de overige objecten
2. beoordeling gewasstand: 10 = loof geheel groen; 1 = loof volledig afgestorven; 8 = gewenste mate van afrijping op 16 augustus, idem 7 op 3 september

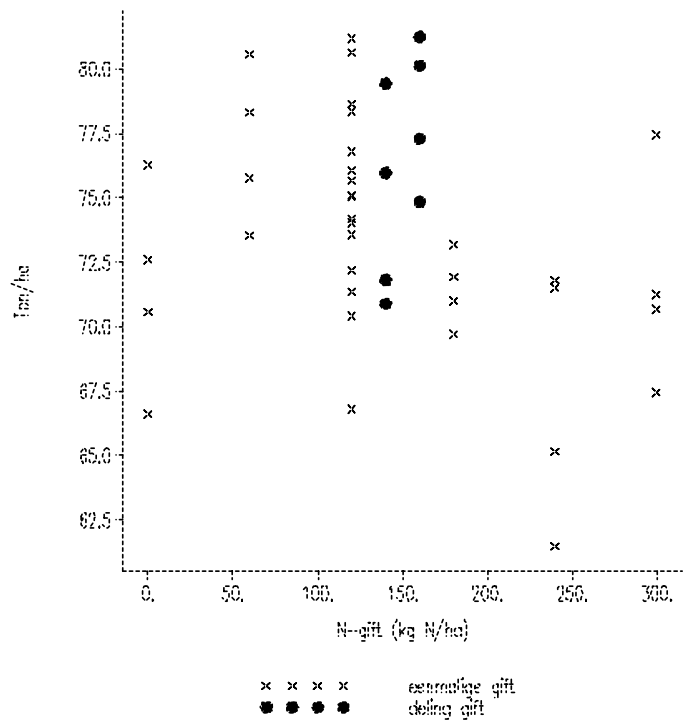
Bijlage 8. Spreiding meetcijfers bij oogst



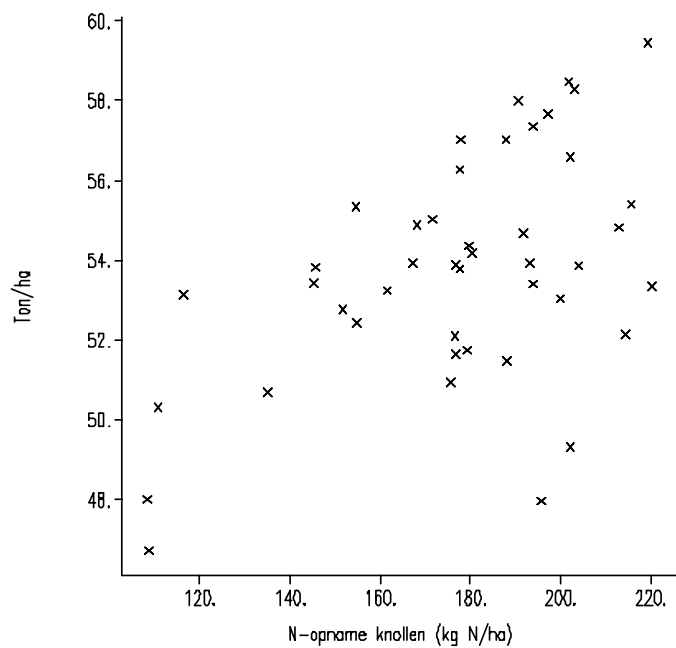
Figuur 24. Effect van de stikstofgift op het uitbetalingsgewicht van Seresta.



Figuur 25. Veldopbrengst van Seresta uitgezet tegen de stikstofopname in de knollen.



Figuur 26. Effect van de stikstofgift op het uitbetalingsgewicht van Mercator.



Figuur 27. Veldopbrengst van Mercator uitgezet tegen de stikstofopname in de knollen.