

Implementatie van Sensorgestuurde Stikstofbijbemesting in poot aardappel

Een onderzoek onder praktijkomstandigheden bij A. Claassen te Vierhuizen

Auteurs: David van der Schans, Pieter Blok, Roy Kramer(student-CAH Dronten)

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

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

PPO Publicatienr. 435, € 15,00



Projectnummer: 3250189711

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Postbus 430, 8200 AK Lelystad
: Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad
Tel. : +31 320 29 11 11
Fax : +31 320 23 04 79
E-mail : infoagv.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 AANLEIDING	7
2 PROEFOPZET EN WAARNEMINGEN	9
2.1 CropCircle.....	11
2.2 CropScan.....	12
2.3 N bijmestadviezen.....	12
3 RESULTATEN	15
3.1 Gewas ontwikkeling en opbrengst	15
3.2 CropScan sensor en N advies.....	17
3.3 Aardappel monitoring	18
3.4 N bemesting in de praktijk	20
3.5 N-mineraal.....	20
3.6 CropCircle sensor	21
4 EVALUATIE EN CONCLUSIES	25
BIJLAGE 1. OFFERTE VOOR ONDERZOEK	29
BIJLAGE 2. WEERDATA LAUWERSOOG	33
BIJLAGE 3. INRICHTING PRAKTIJKEXPERIMENT	35
BIJLAGE 4. VERBAND $WDVI_{GROEN}$ – N -OPNAME	37
BIJLAGE 5. UITGEVOERDE N-BEMESTING	39

Samenvatting

In 2010 en 2011 is de stikstofbijbemesting volgens verschillende strategieën op drie aparte stroken uitgevoerd op een praktijkperceel met aardappelpootgoed (ras Mustang) in Vierhuizen (Groningen). Op elke strook werden tevens twee stikstofvensters aan gelegd. Op één venster werd geen basisbemesting toegepast en het andere kreeg de dubbele hoeveelheid stikstof bij de basisbemesting. Op de stroken en de vensters werden netto waarnemingsvelden uitgezet waarop vier maal monsters werden genomen voor aardappelmonitoring (Altic). Op de velden werden tevens sensorwaarnemingen gedaan op de dag van monstername. Uit de sensorwaarnemingen en aardappelmonitoring werden N-bijmestadviezen afgeleid.

Op de landbouwspruit van de ondernemer (de heer Claassen) zijn gewassensoren gemonteerd. Met deze sensoren werd in de periode van bijbemesting de gewasreflectie van het hele perceel opgenomen. Aan de hand van de handmetingen met de CropScan Sensor werd beoordeeld of de sensorgegevens van de CropCircle bruikbare informatie geven om een N bijmestadvies af te leiden. Bovendien is beoordeeld of de stappen om tot een stikstof bijmestadvies te komen uitvoerbaar en betrouwbaar zijn.

De conclusie luidt dat de hoogte van de adviezen op basis van de CropScan in dezelfde orde van grootte liggen als de praktijkbemesting. De sensoren registreren plekken met een lagere en hogere bemesting en het advies dat daaruit wordt afgeleid (methode Booij) is realistisch. De praktijksensor bleek echter niet betrouwbaar. Het verband van de waarden van de geijkte en gekalibreerde CropScan sensor was slecht. Vermoedelijk is er een defect in één van de sensoren. Dit wijst op de hoge noodzaak van periodieke controle van de sensoren en een protocol voor ijking en kalibratie. Alleen dan is het mogelijk de sensor in te zetten voor bijmestsystemen.

1 Aanleiding

Op de jonge lichte zeeleigonden in Noord Nederland is de teelt van pootaardappelen een zeer belangrijk deel van de bedrijfsvoering van akkerbouwbedrijven. In deze teelt is de stikstofbemesting een belangrijk instrument om de productie en de sortering te sturen. Sortering is een belangrijk kwaliteitsaspect. Naast een hoge kilo opbrengst is het belangrijk zoveel mogelijk knollen in een bepaalde maat te produceren. Het optimale knoltal wordt in de eerste plaats door pootdichtheid bepaald, maar ook de stikstofbemesting heeft er invloed op. Verder heeft de stikstofvoorziening invloed op de vroegheid van het gewas. Hoe meer stikstof beschikbaar is hoe later de knolzetting begint. Het is belangrijk te beginnen met een schraal gewas en na de knolzetting voldoende stikstof beschikbaar te hebben om de loofconditie op peil te houden voor een maximale productie.

Een optimale sturing van de stikstofbeschikbaarheid heeft grote invloed op het rendement van de pootgoedteelt. Binnen het Programma PrecisieLandbouw (PPL) is er vanuit een aantal telersgroepen, te weten “de Wadden”, “Spinoff” en “het Hogeland” samen met mechanisatiebedrijf Mijno van Dijk het verzoek aan PPO gedaan om een praktijkexperiment uit te voeren op een perceel aardappelen van pootgoedteler (en lid van Spinoff) de heer Claassen.

Hoeveelheid en conditie van het aardappelloof kunnen worden gemeten met sensoren die de lichtreflectie van het gewas meten. Uit veeljarig onderzoek is verband vastgesteld tussen een vegetatie index die wordt berekend uit reflectie van licht in specifieke kleuren, groen, rood en nabij-infrarood en de door het gewas opgenomen stikstof.

Dit principe is in een adviesmethode voor N bijbemesting uitgewerkt in 2010 in het kader van een PPL project. Hiervoor werden toen stikstofvensters aangelegd op het bedrijf van de heer Claassen en het gewas werd met de sensor gemeten en bemonsterd om de feitelijke stikstofopname te bepalen. In dat jaar werd ook op een rassen proefveld met stikstoftrappen voor verschillende rassen onderzocht of ras invloed heeft op het verband tussen vegetatie-index en N-opname. Dit proefveld was aangelegd door HZPC op het SPNA proefbedrijf Kollumerwaard te Munnekezijl.

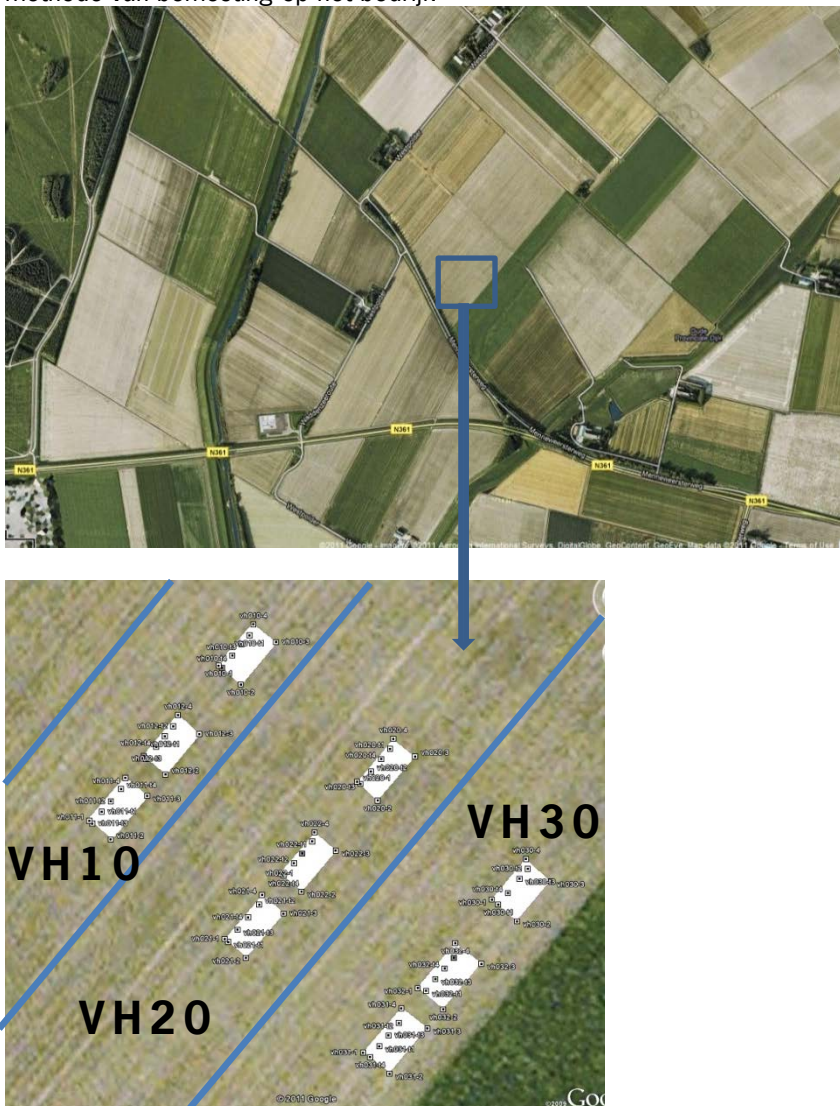
Met de uitkomsten van het onderzoek in 2010 werd in 2011 weer een praktijkexperiment uitgevoerd op een perceel van dhr. Claassen. Dit verslag behandelt de resultaten van dit experiment. Dit praktijkexperiment is bedoeld om een bijdrage te leveren aan de implementatie van sensorgestuurde N-bijbemesting. De resultaten van dit experiment worden ook gebruikt in het PPL project implementatie sensorgestuurde stikstofbijbemesting in aardappelen (062). In dit project worden de resultaten van vijf praktijkexperimenten met een identieke opzet geanalyseerd. De rapportage hiervan wordt in de eerste helft van 2012 opgeleverd.

2 Proefopzet en waarnemingen

In overleg met de teler werd de opzet van het experiment vastgesteld. Financiering van dit onderzoek werd mogelijk door het Programma PrecisieLandbouw (PPL) van het ministerie van EL&I (bijlage 1). Afbeelding 1 geeft de locatie van het perceel en de veldjes weer waarop de waarnemingen zijn gedaan.

Het experiment werd op een praktijkperceel aangelegd. De grondsoort van het perceel is lichte zavel met 14% lutum en 1,4% organische stof. Volgens de bodemanalyse van voorjaar 2011 zijn K-getal 22, pW getal 40 en Pal getal 46. De voorvrucht is wintertarwe.

In verband met het doel van het experiment en de mogelijkheden op het bedrijf moest de opzet aansluiten bij de voor het bedrijf gangbare mechanisatie. Met name de werkbreedte van de veldspuit, 33 meter, was leidend. Er zijn drie stroken VH10, VH20 en VH30 aangelegd met een breedte van 33 meter en een lengte van ongeveer 100 meter. Op elke strook vond de stikstofbemesting volgens een specifieke benadering plaats. Uitgangspunt hierbij was, het toepassen van de adviesregel voor stikstofbijbemesting, die in 2010 is ontwikkeld, met praktijk-machines en -sensoren (CropCircle) en deze methode vergeleken met de gangbare methode van bemesting op het bedrijf.



Afbeelding 1. De locatie van praktijkproef sensorgestuurde stikstof bijbemesting in poot aardappel in 2011 te Vierhuizen. De meetplots zijn weergegeven als witte vlakken.

Er zijn twee stroken aangelegd voor het toepassen van een sensorgestuurd advies en een referentie strook waarop de N-bemesting volgens de ondernemer werd uitgevoerd.

Op elke strook werden twee vensters aangelegd. Hiervan werd er, bij de basisbemesting, één niet bemest en één venster kreeg een dubbele hoeveelheid stikstof bij de basisbemesting. Stikstof wordt op het bedrijf van Claassen in vloeibare vorm, met diverse meststoffen gegeven. De vensters werden op de volgende manier aangelegd: Boven de vensters die niet werden bemest bij de basisgift, werden de secties van de spuit uitgeschakeld. Boven de vensters met een dubbele N basisgift passeerde de spuit een tweede keer waarbij alleen de sectie waren geopend die het venster passeerden. De vensters werden met stokken gemarkeerd en met een RTK-GPS roover ingemeten om de exacte locatie van de velden te kennen. Het resultaat is afgebeeld in Afbeelding 1 Met deze locatie werden uit de CropCircle opnamen de waarden van de velden gehaald.

Op het bedrijf is het een algemene werkwijze bij het bespuiten tegen fytoftora een kleine hoeveelheid NTS meststof te geven, ca. 1,5 kg N/ha. Hiervan wordt ook wel afgeweken als de het gewas in de ogen van de teler voldoende N beschikbaar heeft.

Op de strook en in de vensters werden netto velden uitgezet voor gewasmonitoring in het seizoen en de opbrengstbepaling. In totaal waren er 9 waarnemingsvelden op het perceel elk met een andere N bemesting (zie Afbeelding 1). Gewasmonitoring werd gedaan met de methode aardappelmonitoring (Altic) en door opnamen te maken met de "standaard" handsensor, de CropScan sensor. Tijdens de fytoftora bespuitingen elke 5-7 dagen werd een opname gedaan met de CropCircle sensoren die op de spuitbomen waren gemonteerd. Het lukte aanvankelijk nog niet om op basis van de CropCircle sensoren te bemesten. Bij de laatste N bijbemesting is dit geprobeerd, maar bij het maken van de taakkaart is de gift onvoldoende gevarieerd. De opbrengst en sortering werden bepaald van de negen plots.

Behandelingen

De bemestingsvarianten waren:

Strook 1: gangbaar basisbemesting met 75 kg N bemesting en wekelijks ca. 1,5 kg N (als NTS) met fytoftorabespuiting. Totaal ca. 90 kg N. Bij knolzetting bepaalde Claassen met visuele waarneming of er nog een extra bladbemesting (ca. 10 kg N) nodig is.

Strook 2: Sensorgestuurde N bijmestgift: Basisbemesting 50 kg N + wekelijks ca. 1,5 kg N (als NTS). Bij knolzetting opname gewas met sensor meten en met KAS (max. 30 kg) bijbemesten. Wekelijks met CropCircle sensoren meten. Met Cropscan sensor controle meting vanaf 50% bedekking. (Streefwaarde vaststellen in overleg met Claassen).

Strook 3: Meervoudig sensorgestuurde N bijmestgift: Basisbemesting 50 kg N + wekelijks 1,5 kg N (als NTS). Vanaf begin knolaanleg sensor gestuurde bijbemesting met bladmeststof (max. 15 kg per keer) maximaal drie keer. Streefwaarde en hoogte gift afstemmen met Claassen. In tabel 1 zijn de behandelingen op de stroken en de vensters schematisch weergegeven.

Tabel 1. **N-bemesting op de stroken en vensters van het perceel pootaardappelen (ras Mustang) op het perceel Warkemaheerd Westpolder in 2011. Afmeting per strook (horizontaal) breedte 33 meter x lengte 100 meter**

	Gangbaar	Gangbaar (0 venster)	Gangbaar (2xN venster)
Strook VH 10	Basisgift 75 N + 1,5 kg N/week (als NTS) + bladmeststof bij knolzetting (oog teler)	Basisgift 0 N 1,5 kg N/week (als NTS) 0 basis 150 basis + 2x bijmestgift	Basis gift 150 N + 1,5 kg N/week (als NTS) + bladmeststof bij knolzetting (oog Anselm)
	Sensoradvies bij sluiten gewas	Sensoradvies (0 venster)	Sensoradvies (2N venster)
Strook VH 20	Basis 50 kg N + 1,5 N/week (NTS) 0 – 30 N als KAS begin knolzetting	Basis 0 kg N + 1,5 N/week (NTS) 0 - 30 N (als KAS) begin knolzetting	Basis 100 kg N + 1,5 N/week 0 – 30 N als KAS begin knolzetting
	Sensoradvies 3x	Sensoradvies 3x (0 venster)	Sensoradvies 3x (2N venster)
Strook VH 30	Basis 50 N + 1,5 N/week (NTS) vanaf knolzetting met sensor 3x bladmeststof. 0- 15 kg N	Basis 0 N + 1,5 N/week (NTS) Vanaf knolzetting: 3x bladmeststof. 0- 15 kg N	Basis 100 N + 1,5 N/week (NTS) vanaf knolzetting met sensor 3x bladmeststof. 0- 15 kg N

2.1 CropCircle



Afbeelding 2. **CropCircle sensor voor het meten van de reflectie.**

De veldspuit op het bedrijf is uitgerust met op elke spuitboom een CropCircle gewassensor. CropCircle sensoren zijn actieve licht sensoren met een eigen lichtbron. Hierdoor is de sensor niet afhankelijk van natuurlijke lichtomstandigheden en kan ook 's nachts worden gemeten. Bij CropCircle sensoren kunnen de golflengtes worden ingesteld door verschillende filters voor de sensoren te plaatsen. In dit geval is gewerkt met de standaard configuratie en gemeten op de volgende golflengtes; 670 nm, 730 nm en 760 nm. De gemeten intensiteit van de golflengtes wordt met de bijgeleverde software omgerekend naar vegetatie indexen; de Standaard Vegetatie Index (NDVI) en de NDRE. Daarnaast worden ook de afzonderlijke reflectiewaarden vastgelegd in het systeem. Hierdoor is het mogelijk achteraf vegetatie indexen te berekenen, bijvoorbeeld de WdVI, en deze te vergelijken met de waarden die gemeten zijn met andere

sensoren.

De data van de sensoren zijn vastgelegd met een GeoSCOUT GLS-420 datalogger (afbeelding 1). De GeoSCOUT legt de data van de beide sensoren afzonderlijk vast en koppelt aan de sensorwaarde een GPS coördinaat. Uit de data werd met Arc Gis de meetwaarden boven de 9 veldjes geselecteerd. Deze meetwaarden werden gemiddeld en vergeleken met de CropScan meetwaarden op datzelfde veldje die binnen een tijdraam van enkele dagen waren gemeten. De adviezen van beide sensoren zijn met elkaar vergeleken. Het was de bedoeling om de bijbemesting op basis van de CropCircle sensor te doen. Dit bleek helaas aan het begin van het groeiseizoen niet mogelijk. Bij het laatste bijmestmoment was het technisch mogelijk, maar werd te weinig onderscheid aangebracht in bemesting niveau.

2.2 CropScan



Afbeelding 3. De CropScan sensor Model MSR16R

De CropScan MSR16R (afbeelding 3) is gebruikt voor het meten van de gewasreflecties. Met deze sensor is de ijklijn voor N opname vastgesteld waarop de adviesregel is gebaseerd. CropScan is een passieve sensor en meet zowel het invallende als het gereflecteerde licht in de frequenties 460 (blauw), 490, 510, 560 (groen), 670(rood), 700, 720, 730, 740, 760, 780, 810 (nabij-Infrarood), 870, 900, 970, en 1080 nm. De stralingsmeter is aan een uitschuifbare stok bevestigd. De meethoogte kan variëren van 1,60 tot 3,00 meter. De sensor werd verticaal boven het bladerdek van het gewas gehouden. De diameter van de gemeten oppervlakte is gelijk aan de helft van de sensorhoogte boven het gewas. Betrouwbare metingen kunnen worden uitgevoerd tot een minimale stralingsintensiteit van 300 Watt per m². Uit de sensorgegevens zijn Vegetatie Indices $WDVI_{\text{groen}}$ en $WDVI_{\text{rood}}$ berekend. De ijklijn bij de N adviesregel is gebaseerd op $WDVI_{\text{groen}}$ terwijl de frequentie 560nm waaruit deze waarde wordt berekend maar zelden door een praktijk gewassensor wordt gemeten. Bovendien wordt voor infrarood de reflectie bij 810nm gebruikt in de adviesregel.

2.3 N bijmestadviezen

Aardappelmonitoring

Omdat het veldexperiment van Claassen onderdeel is van een groter PPL bedrijfsoverstijgend initiatief werd het gewas tevens gemonitord met de Altic methode. Op vier tijdstippen werden 40 bladsteeltjes geplukt van planten die in het meetveld van de CropScan sensor stonden. Daarnaast werd twee maal van 8 planten het loof afgesneden voor een biomassa bepaling. Met het nitraatgehalte en de biomassa kan de N opname worden herleid. Ook werd op basis van de nitraat bepaling een advies voor N bijbemesting afgegeven door Altic.

De CropScan data werden omgerekend naar een N bijmestadvies. Bij dit advies wordt uitgegaan van een streefwaarde voor stikstofinhoud van 200 kg N/ha vanaf het moment van volledige bodembedekking tot en met eind juli. Buiten deze periode om kan geen advies worden gegeven. Dit jaar verliep de loofontwikkeling na opkomst zeer snel en al op 31 mei was de loofbedekking ca. 90%.

Het eerste CropScan advies werd op 14 juni gegeven en ook op 27 juni en 6 juli werden adviezen voor N-bijbemesting gegeven. Op basis van de CropCircle data werden geen adviezen gegenereerd omdat de data te laat werden aangeleverd. Bij de laatste bemesting werd een taakkaart voor de spuit gemaakt op basis van CropCircle data.

3 Resultaten

3.1 Gewas ontwikkeling en opbrengst

De aardappelen (ras Mustang) werden op 28 april gepoot onder zeer droge omstandigheden. De pootdichtheid was zeer hoog, 9 knollen per meter. Tijdens het poten werd 125 liter APP (vloeibaar (10-24-0) gegeven. Dit is 12,5 kg N. Na het poten werd met NTS (vloeibare meststof) de basisgift stikstof gegeven op Strook 10, 220 liter, (60 kg N) en op de stroken 2 en 3, 150 liter (40 kg N). Op 25 mei werd de eerste keer tegen fytoftora gespoten waarbij 1 kg N in de vorm van NTS werd meegegeven.

De maand mei ($T_g=13,6^\circ\text{C}$) was warm en vrij droog (neerslag: 41 mm). Het gewas kwam vlot op en eind mei had het loof de bodem al voor bijna 90% bedekt. Dit was historisch zeer vroeg. Op 31 mei, 14 en 27 juni en 6 juli werden bladsteeltjes geplukt om het nitraatgehalte te bepalen. Op 14 juni en 6 juli werd ook de biomassa van het loof bepaald en werd de N-min van de bodem 0-60 cm bepaald op de negen veldjes. Met de CropScan sensor werd de gewasreflectie gemeten. Bij de fytoftora bespuiting werd tevens een gewasreflectie-opname gedaan met de twee CropCircle sensoren op de spuitmachine.

De maanden juni en juli waren nat (neerslag respectievelijk 102 en 144 mm) en relatief koel ($T_g=16^\circ\text{C}$). Eind juli werd het aardappelloof doodgespoten. Door de natte omstandigheden werden de aardappels pas op 26 september geroid. Bij de oogst werd van 2 rijen 8 meter handmatig geroid en een monster van 8 planten per rij werden meegenomen voor het vaststellen van de tarra en de sortering. Door de natte omstandigheden hadden de aardappels veel grondtarra dit varieerde van bijna 10% tot ruim 20% van het geoogste gewicht. De aardappels werden in jute zakken gedurende 2 weken gedroogd en daarna gesorteerd in 3 maten <30 mm, 30-50 mm en > 50 mm. Gemiddeld zat ruim 90% van de aardappelen in de maat 30-50mm. De opbrengsten van de 9 plekken zijn weergegeven in tabel 3. De opbrengsten varieerden van ruim 42 tot 49 ton per ha. De stikstofgiften varieerden van 50 tot 134 kg N.

Tabel 2. **N giften op de stroken en de vensters in het veldexperiment sensorgestuurde N bijbemesting bij Claassen te vierhuizen in 2011.**

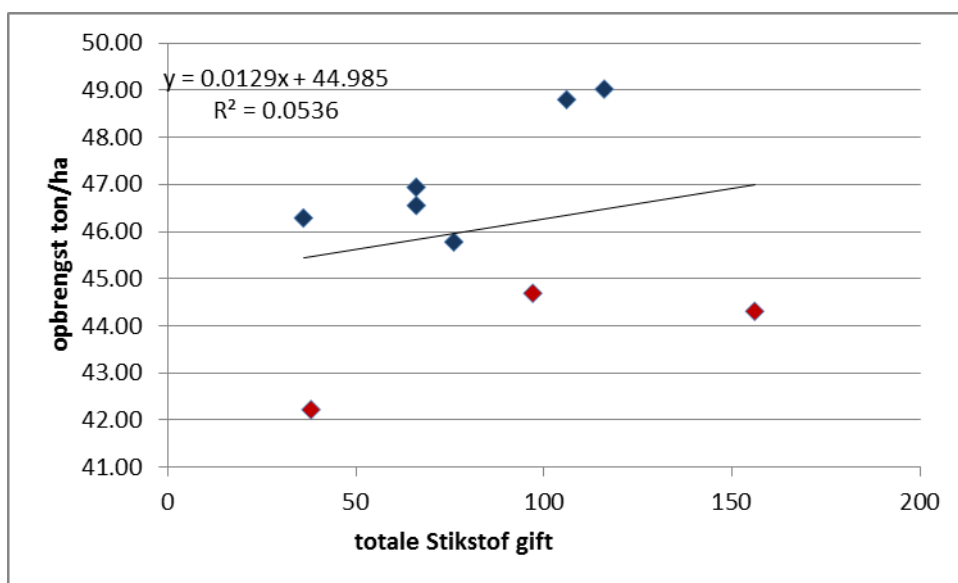
Strook/venster	Basisgift (kg.ha ⁻¹)	bijmestgift1 datum	Bijmestgift1 N (kg/ha)	Bijmestgift2 datum	Bijmestgift2 N (kg/ha)	Totaal N (kg/ha)
1/ VH10	72	15 juni	12	7 juli	13	98
1/ VH11	13	15 juni	12	7 juli	13	38
1/ VH12	131	15 juni	12	7 juli	13	156
2/ VH20	53	15 juni	10	7 juli	13	76
2/ VH21	13	15 juni	10	7 juli	13	36
2/ VH22	93	15 juni	10	7 juli	13	129
3/ VH30	53	15 juni		7 juli	13	66
3/ VH31	13	15 juni		7 juli	13	26
3/ VH32	93	15 juni		7 juli	13	119

Uit tabel 2 blijkt dat de uitvoering afweek van de opzet. Strook 2 kreeg twee maal een N bijmestgift en Strook 3 slechts één maal, terwijl dit in de proefopzet net andersom was. Hoewel het perceel homogeen leek, waren de opbrengsten van strook 1 gemiddeld lager dan de opbrengsten van de stroken 2 en 3, terwijl zowel de basisgift als de totale N bemesting op strook 1 hoger was dan op de andere stroken. In de figuren 1 en 2 zijn de opbrengsten en de sortering uitgezet tegen de totale stikstofgift. In figuur 1 *Figuur 1* blijkt duidelijk het productie verschil. De gemiddelde opbrengst van strook 1 bedroeg 43,7 ton/ha terwijl de opbrengst van strook 3 en strook 4 respectievelijk 47,0 en 47,4 ton/ha bedroeg. De trendlijn voor alle stroken en vensters geeft aan dat er een zeer zwak verband is tussen de stikstofgift en de opbrengst. Als de trendlijn apart wordt berekend voor strook 1 en voor strook 2 en 3 komt echter naar voren dat ze dezelfde trend hebben. Voor strook 1 geldt: $\text{opbrengst (y)}=0.017 \cdot \text{Ngift(x)}+42.024$, met $R^2=0,617$. Voor de stroken 2 en 3 is dit verband $\text{opbrengst (y)}=0.039 \cdot \text{Ngift(x)}+44.218$, met $R^2=0,700$. Een kilo stikstof levert volgens deze verbanden tussen 20 en 40 kg aardappelen op. Opvallend is wel dat de velden met zeer lage N giften 26, 36 en 38 kg N toch een goede productie haalden.

Tabel 3. **Opbrengsten van de pootaardappelen (ras Mustang) op de drie stroken en de vensters binnen deze stroken in 2011 op het perceel te Vierhuizen (bedrijf Claassen).**

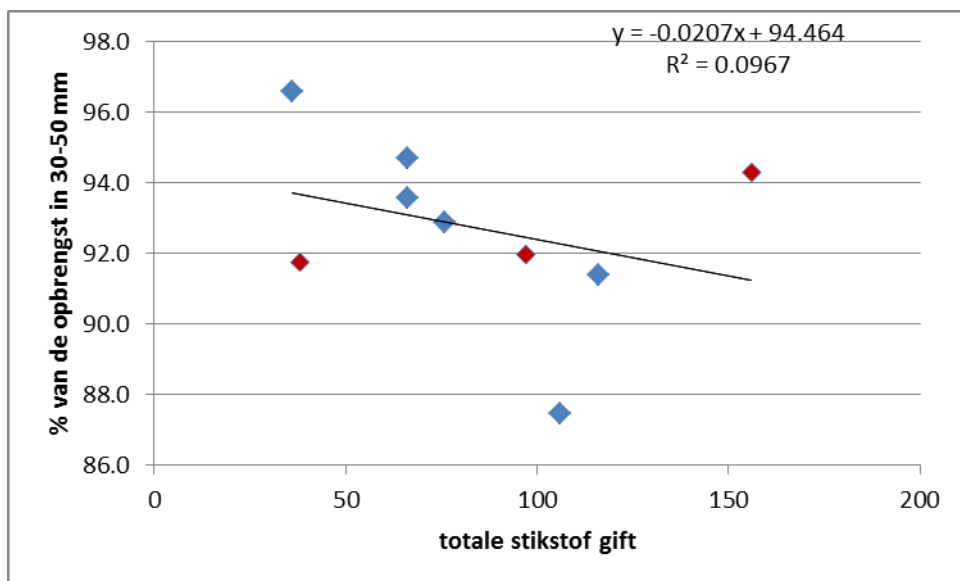
Veld nr	N gift basis	N gift Bijmest	Opbrengst ton/ha	sortering %			opbrengst 30-50 mm ton/ha
	kg	kg		<30	30-50	>50	
10	72	25	44.69	3.4	92.0	4.6	41.10
11	13	25	42.22	3.1	91.7	5.2	38.74
12	131	25	44.31	4.0	94.3	1.8	41.78
20	53	23	45.78	2.5	92.9	4.6	42.51
21	13	23	46.29	2.1	96.6	1.4	44.71
22	94	23	49.03	2.0	91.4	6.6	44.80
30	53	14	46.55	3.9	93.6	2.6	43.56
31	13	14	46.94	4.1	94.7	1.2	44.44
32	93	14	48.80	3.8	87.4	8.8	42.67

Op strook 1 had het veld met een dubbele basisgift, totaal 156 kg stikstof, een lagere opbrengst dan het stuk dat met 97 kg N was bemest. In dit verband kunnen de verschillen alleen worden geconstateerd. De opzet van het experiment staat niet toe om conclusies te trekken uit deze verschillen omdat het experiment geen herhalingen heeft.



Figuur 1. **Verband tussen totale stikstof gift en de opbrengst in ton/ha rode symbolen met basis bemesting met 75 kg N per ha. Blauwe symbolen 50 kg N per ha.**

Het verband van stikstofgift en het percentage in de sortering 30-50 mm gaf een nog sterker verschil tussen de stroken te zien voor strook 1 nam het percentage van de opbrengst in de sortering 30-50mm toe met de N-gift. Op de stroken 2 en 3 was er juist een afname en steeg het percentage opbrengst boven 50 mm naarmate er meer N werd gegeven. In figuur 2 zijn alle waarnemingen en de trendlijn voor deze twee tegengesteld reagerende stroken weergegeven. De correlatie uitgedrukt in R^2 was zeer laag. De afname van het percentage opbrengst in de maat 30-50 was echter zeer hoog ($R^2=0,74$).



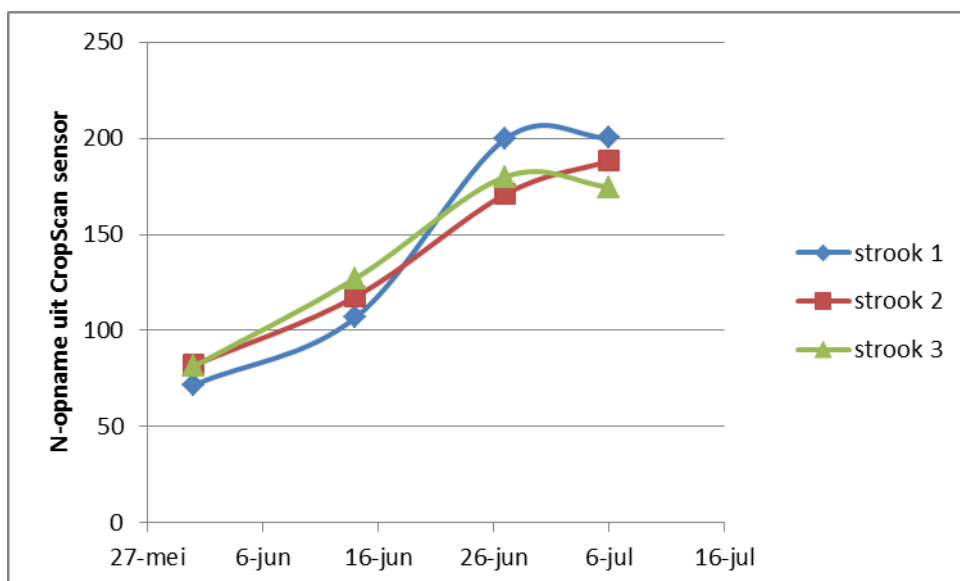
Figuur 2. Verband tussen de stikstof gift en het percentage van de opbrengst in de maat 30-50 mm. De rode symbolen strook 1 met basis bemesting 75 kg N en de blauwe symbolen strook 2 en 3, 50 kg N per ha.

3.2 CropScan sensor en N advies

Op vier data vanaf het moment dat het aardappelloof 90% van de bodem had bedekt is op de 9 veldjes de gewas reflectie gemeten met de CropScan sensor. Met de reflectie in het infrarood (810 nm) en groen (560 nm) is de vegetatie-index $WDVI_{\text{groen}}$ berekend.

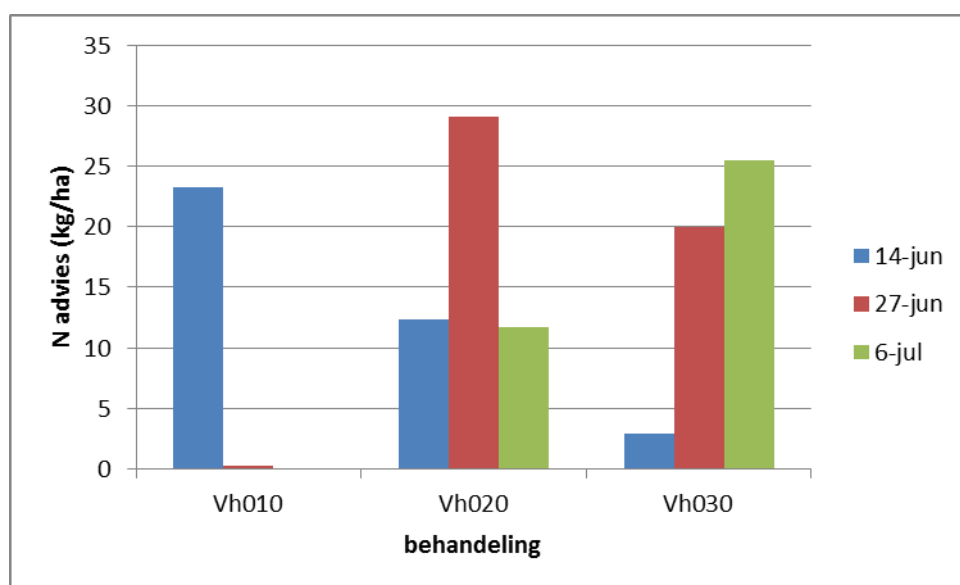
$$WDVI_{\text{groen}} = r_{810} - (\text{kale grond } r_{810}/r_{560}) * r_{560}$$

Deze Index heeft een goed verband met de stikstofopname door het gewas. Metingen met de sensor zijn uitgevoerd op 31 mei, 14 juni, 27 juni en 6 juli op de 9 plots.



Figuur 3. De stikstofopname door het gewas berekend uit de vegetatie-index (WDVI) met behulp van de ijklijn uit de methode Booij.

De sensormetingen zijn omgerekend naar de $WDVI_{groen}$. Deze vegetatie index is met de ijkcurve van Booij omgezet in N-opname. Het advies in figuur 4 is gebaseerd op het verschil tussen de meetwaarde (Booij) en een streefwaarde van 200 kg N/ha. Voor strook 1 werd op 14 juni een N bijmestadvies van 23 kg N gegeven en op de daaropvolgende data was er geen bijmestadvies. Voor strook 2 was er op 14 juni een advies van 13 kg N/ha, op 27 juni 28 kg N/ha en op 7 juli 12 kg N/ha, strook 3 had op 14 juni een advies van 3 kg N wat in de praktijk neerkomt op geen advies en op 27 juni en 6 juli adviezen voor bijbemesting van respectievelijk 20 en 26 kg N/ha.



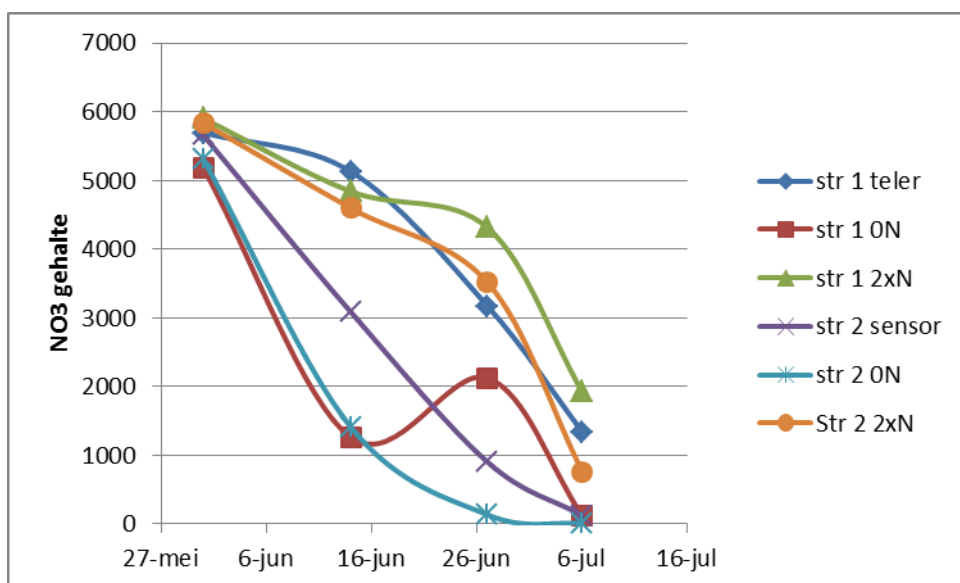
Figuur 4. Stikstofbijmestadviezen op de 3 proefstroken Vh010, Vh020 en Vh030 op een praktijkperceel in Vierhuizen (Groningen) met pootaardappelen (ras Mustang) berekend uit de sensorwaarden die met de CropScan zijn gemeten.

3.3 Aardappel monitoring

Van de stroken 1 en 2 is het verloop van het nitraatgehalte in bladsteeltjes gevolgd en zijn op 31 mei, 14 en 27 juni en 7 juli bladsteeltjes verzameld en door het laboratorium Altic geanalyseerd. Op 14 juni en 7 juli is de N opname in het aardappelloof vastgesteld. De gemeten N opname is weergegeven in tabel 4 en het verloop van het NO_3 -gehalte is weergegeven in figuur 5. Daarnaast is Altic gevraagd een advies te geven voor de hoogte van de N bijmestgift (figuur 6).

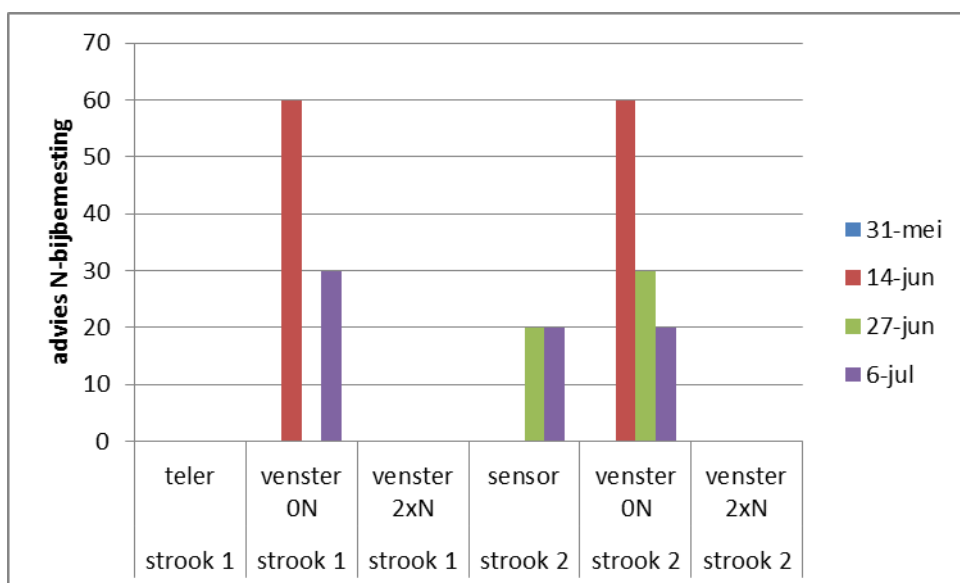
Tabel 4. Stikstofopname kg/ha op 6 plots met een verschillen de N bemesting. Berekend uit analyse van een monster van 8 planten per plot.

Strook – venster	N-opname in kg/ha	
	14 juni	7 juli
1 – praktijk	152	134
1 – venster 0N	80	62
1 – venster 2xN	144	188
2 – praktijk	105	80
2 – venster 0N	112	104
2 – venster 2xN	180	213



Figuur 5. Verloop van het NO₃ – gehalte bepaald in 40 bladsteeltjes per monster op twee stroken van het praktijkexperiment sensorgestuurde N bijbemesting te Vierhuizen.

Voor de vensters met de lage N basisgift (0N) werd op 14 juni een advies van 60 kg N per ha gegeven. De adviezen waren op 27 juni en 7 juli veel lager resp. 30 en 20 kg N/ha. De vensters hadden tot doel een referentie te zijn voor de rest van der strook. Het was dus niet de bedoeling hierop extra N te strooien. De adviezen op de strook 1 teler en strook 2 sensor kunnen worden vergeleken met de adviezen op basis van de CropScan sensor. Bij strook 1 werd op geen van de vier data en adviezen voor N bijbemesting gegeven. Voor strook 2 werd op 27 juni en 6 juli een N-gift van 20 kg geadviseerd.



Figuur 6. Overzicht van N bijmestadviezen op basis van aardappelmonitoring (Altic) van de stroken 1 en 2 van het praktijkexperiment sensorgestuurde N bijbemesting te Vierhuizen in 2011.

3.4 N bemesting in de praktijk

In Bijlage 5 staat complete informatie over de stikstofbemesting zoals die op de stroken is uitgevoerd. In tabel 5 staat een samenvatting van de N bemesting zoals die werkelijk is gegeven. Hierbij zijn omwille van de duidelijkheid enkele kleine N giften (ca. 1 kg N) die in combinatie met de fytofthorabesparing zijn gegeven bij de grote bijmestgiften opgeteld.

Tabel 5. **Samenvatting N bemesting op de stroken en vensters van het praktijkexperiment N bijbemesting in pootaardappelen (ras Mustang) te vierhuizen in 2011.**

	datum	N-gift	Venster ON	Venster 2N
Strook 1	20 april	72	13	131
	15 juni	12	12	12
	7 juli	13	13	13
Strook 2	20 april	53	13	94
	15 juni	10	10	10
	7 juli	13	13	13
Strook 3	20 april	53	13	94
	7 juli	14	14	14

3.5 N-mineraal

Voor het bedrijfsoverstijgende PPL project werd op 15 juni en 7 juli een grondmonster gestoken op de waarnemingsplots op de stroken 1 en 2. Op 15 juni was er na de basisgift nog geen stikstof bijbemest. Op strook 1 bij een basis bemesting van 72 kg N/ha, was er 45 kg N/ha beschikbaar en op 7 juli nog 36 kg N/ha. Op strook 2 met een basisbemesting van 53 kg N/ha, was dit respectievelijk 36 kg N op 15 juni en 30 kg N op 7 juli. Volledigheidshalve worden de uitkomsten van dit onderzoek hier ook vermeld. Op basis van deze gegevens is geen N –bijmestadvies gegeven.

Tabel 6. **Uitslagen N –min bemonstering op de stroken 1 en 2 van een praktijkexperiment N bijbemesting op pootaardappelen in Vierhuizen in 2011.**

	datum	bemonsteringslaag	N-min	Venster ON	Venster 2N
Strook 1	14 juni	0-60 cm	45	34	55
	7 juli	0-60 cm	36	24	34
Strook 2	14 juni	0-60 cm	36	31	51
	7 juli	0-60 cm	30	20	31

3.6 CropCircle sensor

Met de CropCircle sensoren die op de spuitbomen van Claassen's spuit gemonteerd zijn, werden opnamen gemaakt van het gewas. De sensor opnamen op de plaats van de netto velden werden uit de data gehaald en vergeleken met de opnamen met de CropScan handsensor. De CropScan metingen op 31 mei, 15 en 27 juni en 7 juli kunnen worden vergeleken met de CropCircle opnamen op 1, 15 en 27 juni en 7 juli.

Deze vergelijking is nodig om uit de data van de CropCircle de N opname af te leiden.

In paragraaf 3.2 is uitgelegd hoe de N-opname uit de CropScan wordt afgeleid.

Bij gebruik van verschillende sensoren moet op drie zaken worden gelet:

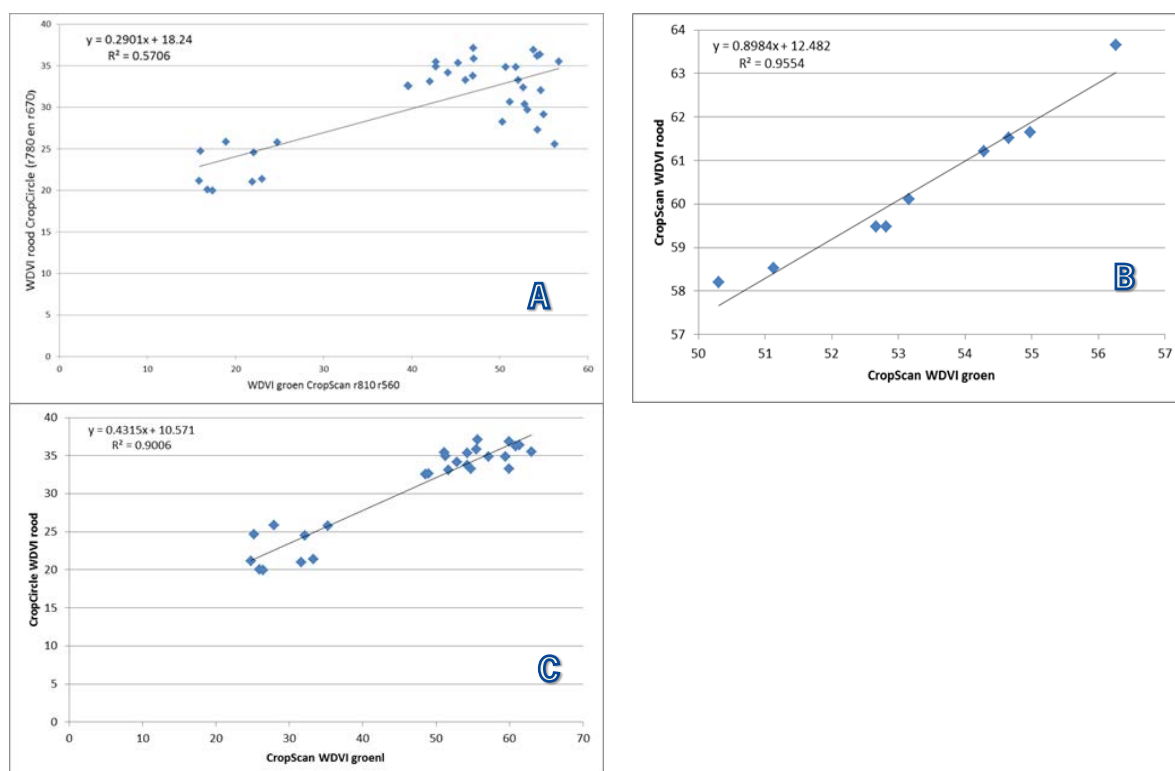
- Meten de sensoren in dezelfde golflengten en bandbreedtes
- Is er een goede correlatie van de waarden die uit de reflectiemetingen worden gemeten
- Heeft de Vegetatie-index (WDVI) berekend uit de sensor een hoge correlatie met $WDVI_{\text{groen}}$ van de CropScan. Uit dit verband kan de N-opname worden afgeleid.

De CropCircle meet reflectie in 10 nm banden rond 670, 730 en 780 nm. De CropScan meet in 16 banden met een breedte van 10 nm, waaronder de banden waarin de CropCircle meet. Voor de $WDVI_{\text{groen}}$ die gebruikt wordt om de N-opname te berekenen wordt een bodemfactor_{groen} berekend uit de reflectiemeting boven kale grond. Deze meting is heel gevoelig voor bladgroen. Een lichte veronkruiding of een overhangend blad dat binnen het bereik van de sensor komt, geeft een sterke beïnvloeding van deze bodemfactor. Op de vier meetdata met CropScan werd steeds de kale grond reflectie gemeten. Hieruit werd de bodemfactor berekend uit de r_{560} en r_{810} (bodemfactor groen). Omdat de CropCircle niet in de bandbreedtes 560 en 810 nm meet, zijn de bodemfactoren berekend voor golflengten waarin de CropCircle meet. In tabel 7 staan de verschillende waarden voor de bodemfactor op de vier meetdata. Opvallend is de grote variatie in waarden op de verschillende data. De verschillen tussen de bodemfactor berekend uit de verschillende frequenties zijn kleiner dan de verschillen van de bodemfactor op de verschillende dagen. De aard van het grondoppervlak verandert voortdurend wat betreft ruwheid en vochtigheid. Een zekere fluctuatie kan daarom worden verwacht. Uit waarnemingen op andere kleilocaties blijkt dat de gemiddelde waarde voor kleigrond 1,5 is en de waarden variëren van 1,3 tot 1,7. Bij droge grond is de waarde hoog en bij natte grond is de waarde laag. Uit de data blijkt dat de gemeten waarden op 31 mei veel hoger liggen. De kans bestaat dat er een beetje bladgroen binnen het bereik van de sensor was. Wordt de meting van 31 mei buiten beschouwing gelaten dan is de variatie gering. Ook verschillende bodemfactoren rood berekend uit $IR=810$ en $IR = 780$ niet veel. De bodemfactor voor de frequenties die met de CropCircle worden gemeten varieert tussen 1,2 bij natte grond en 1,4 bij droge grond. Het kiezen voor een vaste waarde voor bodemfactor biedt meer zekerheid dan het elke keer voor een opname opnieuw meten van de reflectie boven kale grond. Met onderstaande bodemfactoren zijn de vegetatie-indexen berekend. Het verband van de $WDVI_{\text{rood}}$ CropCircle met de $WDVI_{\text{groen}}$ en $WDVI_{\text{rood}}$ CropScan is nodig om uit de waarden van de CropCircle de N-opname af te leiden. Als waarde van de CropCircle zonder correctie wordt gebruikt om de N opname af te leiden, wordt deze veel te laag geschat en is het advies te hoog. Uit de data die zijn verzameld kunnen de relaties worden afgeleid (figuur 7). Uit deze figuren blijkt ook dat het verband ($R^2=0,57$) laag is (A). In het onderzoek van 2010 bij Claassen is ook een verband vastgesteld met een hogere correlatie. De oorzaak van de lage correlatie kan zijn dat één van de sensoren niet goed werkte. In 2011 zijn door Claassen systematische verschillen geconstateerd in de meetwaarden, tussen sensor links en rechts bij de reflectiemeting frequentie $R1(720\text{nm}) < 5\%$, $R2 > 5\%$ (670 nm) en $R3(780\text{ nm}) > 10\%$. Juist de $R2$ en $R3$ worden zijn input waarden voor de $WDVI$.

Tabel 7. **Berekening van bodemfactoren kale grond uit verschillende lichtbanden (frequenties), die worden gebruikt voor het berekenen van de WDI (bodemfactor= $IR_{(kale\ grond)}/R_{(kale\ grond)}$).**

Bodem omstandigheden		bodemfactor rood IR= 780 Rood=670	bodemfactor rood IR =810 Rood=670	bodemfactor groen IR = 810 Groen= 560
Data		r780/r670	r810/r670	r810/r560
31-mei	Droog	1.93	1.96	2.17
14-jun	Droog	1.38	1.45	1.77
27-jun	Vochtig	1.47	1.54	1.53
6-jul	nat	1.18	1.24	1.39
gemiddeld		1.49	1.55	1.74

Het verband tussen $WDVI_{groen}$ en $WDVI_{rood}$, berekend uit de CropScan metingen op de 9 plots (A) geeft een hoge correlatie ($R^2=0,9554$). Als de CropCircle opname van 7 juli buiten beschouwing wordt gelaten (C) verbetert de correlatie maar is de richting van de lijn nog steeds te vlak. In de loop van het seizoen viel het op dat er verschil was tussen de beide CropCircle sensoren. De veldjes zijn niet steeds met dezelfde sensor gemeten, soms met de linker sensor en soms met de rechter. Dit kan het slechte verband veroorzaken.

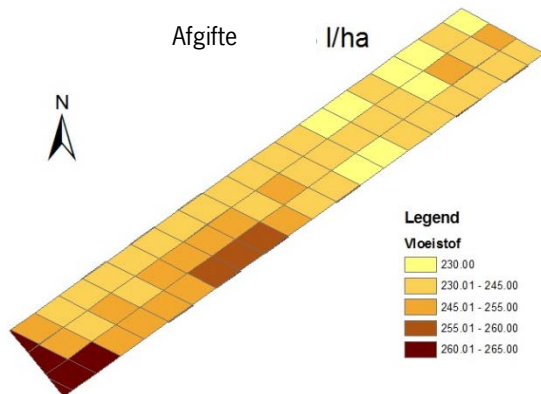


Figuur 7. **Verbanden van vegetatie indices. $WDVI_{rood}$ CropCircle met $WDVI_{groen}$ CropScan (A); de $WDVI_{rood}$ CropScan met $WDVI_{groen}$ CropScan (B) en $WDVI_{rood}$ CropCircle met $WDVI_{groen}$ CropScan (C).**

Het adviesstelsel is gebaseerd op een, in veeljarig onderzoek vastgesteld, verband tussen $WDVI_{groen}$ en de N opname door het gewas. Het op juiste wijze omrekenen van de meetwaarde van een andere sensor naar een $WDVI_{groen}$ is dus noodzakelijk voor een goede interpretatie van de sensorwaarde en het afleiden van een N-advies daaruit. Om dit te kunnen doen, moet de sensorwaarde betrouwbaar zijn. Controle op het correct functioneren van de sensor en kalibratie van de sensor zijn belangrijk.

Met een correct functionerende sensor en de rekenregel kunne dat worden omgezet in een N-advies per meetpunt. Er wordt met een spuitboom van 33 meter gewerkt om stikstof in vloeibare vorm uit te brengen.

Een grid van 33 x 33 meter is dus voldoende nauwkeurig voor de taakkaart. De sensorwaarden en het N advies zijn gemiddeld per vlak. Onderstaande afbeelding 4 is een weergave van deze taakkaart.



Afbeelding 4. **Taakkaart voor de drie stroken in het praktijkexperiment te Vierhuizen in 2011 voor het spuiten van de vloeibare meststof Power quattro (232 gram N per liter). De tankoplossing was 50 liter in 250 liter spuitoplossing.**

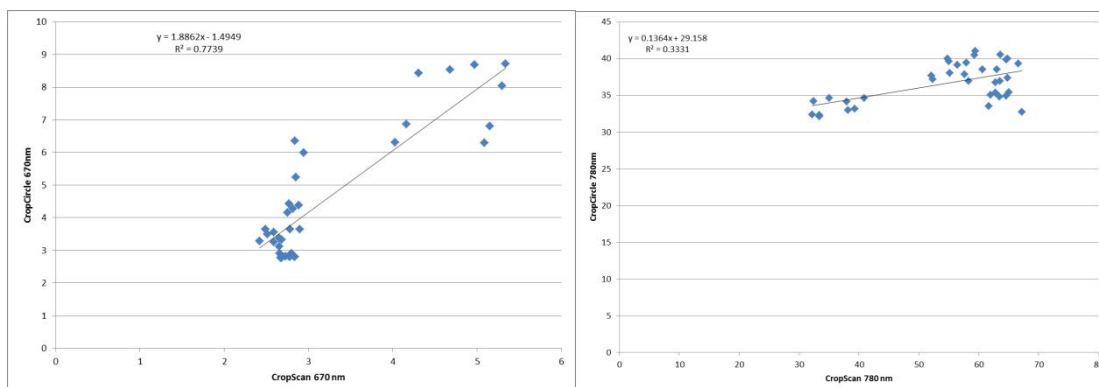
De taakkaart is gemaakt met farmworks software en ingelezen in de Trimble CFX boordcomputer die met behulp van FiedIQ de Agrifac zelfrijdende spuit aanstuurde. De kaart is gemaakt door sensordata van CropCircle om te rekenen naar $WDVI_{rood}$. Op basis van deze $WDVI$ is een toepassingskaart gemaakt. De spuitcomputer kon deze taakkaart lezen en de ingevoerde hoeveelheden verspuiten. De variatie in gift is echter zeer klein, gemiddeld 11,6 kg N met een variatie naar boven en beneden van ca. 10%.

4 Evaluatie en conclusies

Voor de evaluatie van dit praktijkexperiment bekijken we het proces van sensor gebaseerde N bijbemesting stapsgewijs.

Tabel 8. **Evaluatie van sensorgestuurde bijbemesting poot aardappelen bij de verschillende stappen in het proces.**

Stap	Onderdeel	beschrijving	evaluatie	status
Sensoropname CropCircle	Meetfrequenties	Zijn frequenties beschikbaar om WDVl te berekenen.	Met de reflectie meting r670 en r780 kan $WDVl_{rood}$ worden berekend. Deze waarde heeft een goede correlatie met N-opname	OK
	Betrouwbaarheid	Is controle van de sensor mogelijk. Is ijking en kalibratie uitgevoerd.	De reflectiewaarden bleek in het seizoen niet correct. De correlatie van de waarde van de sensor met waarden met de geijkte CropScan gemeten komen niet overeen. Zie figuren 8	X
	Kale grond factor	Voor elke opname is een meting boven kale grond nodig om te corrigeren	Bij de meting van kale grond trad een grote spreiding in waarden op. Het komt dus precies. Het lijkt praktischer om een waarde voor kale grond uit een tabel af te leiden. De waarde voor kale grond is sensor afhankelijk. De tabel zou i.s.m. de fabrikant/leverancier van de sensor tot stand moeten komen.	A
N-opname gewas	Van WDVl-sensor naar ijklijn N status	Verband WDVl-waarde sensor en de $WDVl_{groen}$ van de ijklijn afleiden om N status gewas af te leiden.	De sensor meting moet vertaald worden naar de gewas toestand (N-opname). Per sensor moet de lijn worden gekalibreerd. Een kalibratie protocol is in ontwikkeling. Sensor fabrikant/leverancier zouden dit moeten volgen.	X
Streefwaarde	Stadium afhankelijk	Gewasstadium afhankelijk advies	De stikstofbeschikbaarheid voor en tijdens de knolzetting heeft invloed op tijdstip van knolzetting en het aantal knollen. In overleg met de teler is nu gekozen voor een oplopende streefwaarde vanaf 90% bodembedekking 130 naar 200kgN. Dit was een pragmatische niet onderbouwde keuze die goed uitwerkte.	A
Advieskaart	Taakkaart maken	Adviezen met een GIS softwarepakket omrekenen naar een doseringen kaart voor de spuit	Met Farmworks software kunnen de sensorwaarden naar een taakkaart worden omgerekend. Vanuit het oogpunt van controle is dit de meest betrouwbare weg. Het direct integreren van de stappen om tot een advies te komen in de sensor software is alleen veilig als aan de eisen van betrouwbaarheid kan worden voldaan.	OK
Toepassen	Taakkaart uitvoeren	De spuit of strooier verdeelt de N volgens de kaart	Dit is één keer uitgevoerd en de beschikbare spuitcomputer voerde de taak goed uit. Met de juiste sensordata en adviesregel levert deze stap geen problemen.	OK
Effect	Optimalisatie van de N bemesting	is de juiste bijmestgift geadviseerd.	Uit vergelijking van de opbrengsten en de N giften blijkt dat de adviezen tot een goede opbrengst hebben geleid. In onderstaande tabel 9 komt de totale N gift op strook 2 en 3 rond de 100 kg N uit. Dit is meer dan in werkelijkheid is gegeven. Uit figuur 1 komt naar voren dat de hoogste opbrengst van de stroken bij ca. 100 kg N werd bereikt. Dit praktijkexperiment levert aanwijzingen dat 100 kg de hoogste opbrengst en een groot aandeel in de sortering 30-50 mm geeft. Het CropScan Advies strook 2 in tabel 9 en de praktijk van Claassen komen op die totaalgift.	OK



Figuur 8. **Het verband tussen de gemeten reflectiewaarden bij 670 en 780 nm met de CropScan sensor en CropCircle sensor. R² geeft de correlatie weer tussen de twee sensoren.**

Verwacht mag worden dat de reflectie waarden voor beide sensoren een zeer hoge correlatie hebben. Reflectie is een relatieve waarde die aangeeft welk deel van de elektromagnetische straling wordt weerkaatst. Bovendien zou de hellingshoek van de lijn ongeveer 45° moeten zijn. Bij de vergelijking van de sensoren bij de frequenties r670 (rood) en r780 (infrarood) zijn de correlaties laag en de hellingshoeken hebben een grote afwijking van 45° (figuur 8). De CropScan sensor is in het voorjaar van 2011 geijkt en gekalibreerd. Vermoedelijk zijn de metingen met de CropCircle niet correct.

Strook 1 (10) bij de bemonstering op 15 juni was 72 kg N /ha gegeven met de basis bemesting. Het advies van Altic luidde geen bijbemesting en de CropScan adviseerde 23 kg N bij te bemesten. Claassen gaf 12 kg N en 13 kg N op 7 juli. De totale bemesting door Claassen was 97 kg N /ha. Met het CropScan advies was dit 2 kg N /ha lager geweest en bij aardappelmonitoring was 73 kgN/ha gegeven.

Strook 2 (20) bij de bemonstering op 15 juni was 52 kg N/ha gegeven. Het advies van aardappelmonitoring was geen bijbemesting en CropScan gaf het advies 12 kg N bijbemesting. Er werd 10 kg N bijbemest. Op 24 juni waren de bijmestadviezen respectievelijk voor aardappelmonitoring 20 kg N/ha en CropScan 29 kg/ha. Er werd niet bijbemest. Op 7 juli werd 13 kg N per ha bemest en waren de adviezen respectievelijk 20 en 12 kg N /ha. Waren de adviezen uitgevoerd dat was volgens aardappel monitoring 53 + 10 + 20 = 83 kg N gegeven, er van uitgaande dat bij een bemesting van 20 kg N op 24 juni op 7 juli geen bijmestadvies zou zijn gegeven. Voor de CropScan was de totale gift 92 kg N geweest (53+10+29).

Strook 3 (30) bij de bemonstering op 15 juni was 52 kg N /ha gegeven. Deze strook heeft niet meegedaan aan aardappelmonitoring. CropScan gaf geen advies om bij te bemesten op 15 juni. Dit werd dan ook niet gedaan. Op 24 juni was het advies op basis van cropScan 20kg N/ha. Er is toen niet bijbemest. Op 7 juli was het advies op basis van CropScan 25 kg N per ha. Claassen heeft toen 14 kg/ha gegeven. Volgens CropScan was 73 of 78 kg N gegeven terwijl nu 67 kg N/ha is gegeven.

Uit het praktijkexperiment kunnen geen conclusies ten aanzien van de meest optimale N-gift en stikstofdeling worden getrokken. Om op dat punt harde uitspraken te doen is een wetenschappelijke proefopzet met tenminste 4 herhalingen en meer bemestingstrappen nodig. Toch blijkt uit de vergelijking met de aardappelmonitoringadviezen en de praktijkbemesting van Claassen dat de CropScan adviezen in dezelfde orde van grootte liggen. Dit versterkt het vertrouwen in sensorgestuurde stikstof bijbemesting in teelt van aardappelpootgoed.

Kalibratie en ijking van de sensor blijken cruciaal voor het systeem. In het bedrijfsoverstijgende PPL project 062 implementatie van sensorgestuurd N-advies in aardappel, besteed hieraan aandacht. Met de data die in dit praktijkexperiment zijn verzameld kan geen methode worden afgeleid om een N-advies op basis van metingen met de CropCircle sensoren.

Tabel 9. **Samenvatting N bemesting op de stroken en vensters van het praktijkexperiment N bijbemesting in pootaardappelen (ras Mustang) te vierhuizen in 2011. Daarnaast de adviezen uit aardappelmonitoring en CropScan.**

datum	Werkelijke gift			Advies Altic			Advies CropScan		
	N-gift	Venster 0N	Venster 2N	N-gift	Venster 0N	Venster 2N	N-gift	Venster 0N	Venster 2N
Str1	20/4	72	13	131	-	-	-	-	-
	15/6	12	12	12	0	60	0	23	43
	7/7	13	13	13	0	30	0	0	0
totaal		97	38	156					
Str2	20/4	53	13	94	-	-	-	-	-
	15/6	10	10	10	0	60	0	12	29
	24/6	0	0	0	20	30	0	29	20
	7/7	13	13	13	20	20	0	12	9
totaal		76	36	117					
Str3	20/4	53	13	94	-	-	-	-	-
	15/6	0	0	0	-	-	-	0	45
	24/6	0	0	0	-	-	-	20	70
	7/7	14	14	14	-	-	-	25	32
totaal		67	27	108					

Bijlage 1. Offerte voor onderzoek

Offerte Adviesregel 024

Implementatie van Sensorgestuurde N-bijbemesting in poot aardappel

Doel van de proef 2011

Beoordelen van de meerwaarde van sensorgestuurde stikstofbijbemesting in aardappelen.

Aanpak in 2011

De adviesregel die in 2010 is ontwikkeld, wordt in overleg met de teler in één of twee varianten met praktijkmachines en sensoren toegepast en vergeleken met de gangbare methode van bemesting op het bedrijf.

De toepassing wordt gevolgd met de "standaard" CropScan sensor.

De opbrengst en sortering worden bepaald van de verschillende bijmest varianten.

Proefopzet praktijkperceel 2011 Claassen N-adviesregel 24

Op het perceel worden 3 stikstof bemestingsvarianten in drievoud aangelegd, dus in totaal 9 veldjes. Elk veldje is één spuitbaan breed (= 33 m) en 100 m lang.

De bemestingsvarianten zijn:

1. gangbaar (door de teler te bepalen: b.v. 60 N aan de basis)
2. gedeelde gift: 2/3 van de gangbare gift als basis en de rest variabel op basis van sensorwaarde, te meten vanaf 80% bodembedekking. De variatie bedraagt + of - 50% t.o.v. het gemiddelde (de laagste gift op plaatsen met een hoge N-opname en de hoogste gift op plaatsen met een lage N-opname).
3. meervoudig gedeelde gift: 2/3 van de gangbare gift als basis en 15 kg. volvelds bij begin knolaanleg. In de twee daarop volgende weken kan nog maximaal 2 keer een variabele bemesting met maximaal 15 kg N per keer volgen op basis van sensorwaarnemingen.

Gangbaar (60 N)	Gangbaar (60 N) Met 2 N-vensters 5x5	Gangbaar (60 N)
40 N aan de basis + 10 - 30 begin knolzetting	40 N aan de basis + 10 - 30 begin knolzetting Met 2 N-vensters 5x5	40 N aan de basis + 10 - 30 begin knolzetting
40 N aan de basis + 15 N + 0 - 15 N + 0 - 15 N	40 N aan de basis + 15 N + 0 - 15 N + 0 - 15 N Met 2 N-vensters 5x5	40 N aan de basis + 15 N + 0 - 15 N + 0 - 15 N

situatieschets veldjes (alle 33 x 100 m), hele veld 99 x 300 m

Op elk van de varianten worden in één veld twee vensters van 5x5 meter aangelegd. Hiervan wordt er één niet bemest en één dubbel bemest (zie schets). De niet-bemesten variant wordt uitgevoerd door tijdens de bemesting van het perceel een afdekzeil o.i.d aan te brengen. De variant dubbel bemesten wordt uitgevoerd m.b.v. een rugsproeier. De vensters worden met stokjes gemarkeerd.

Opmerkingen:

1. In principe komen de drie veldjes die bij dezelfde variant horen, achter elkaar te liggen (dus in dezelfde werkgang, zie schets). Als het werkbaar blijkt om de veldjes door loting te verdelen, kan dat daartoe in overleg met de teler alsnog worden besloten. Dit hangt o.a. af van de werkdruk en van de praktische mogelijkheden om de dosering vooraf in te programmeren.
2. De variabele bemestingen kunnen alleen uitgevoerd worden als de teler op dat ogenblik over een daarvoor geschikte spuitmachine beschikt. Als dit niet het geval is, worden de hoogte en plaats van de bemesting van de diverse veldjes in overleg met de teler nader bepaald.
3. Als het gewas het moment van 80% bodembedekking niet (bijtijds) bereikt, wordt het tijdstip van de tweede gift (begin knolzetting) bepaald door enkele planten uit te graven (uiteraard op een plaats waar dat de proef niet verstoort).

D.w.z. dat in de proef (variant 2) $2/3 \times 60 = 40$ N aan de basis komt. Moment van bijmesten = begin knolzetting (vaststellen d.m.v. plant uitgraven).

N-vensters 5x5: variant niet bemesten uitvoeren door tijdens bemesting van het perceel een afdekzeil o.i.d aan te brengen. Variant dubbel bemesten d.m.v. rugsproeier. Veldjes markeren met stokjes.

De 3 bemestingsvarianten

- Gangbare praktijk op het bedrijf bemest. 60 kg N aan de basis.
- 40 kg Stikstof aan de basis de rest op basis van sensorwaarde bij begin knolaanleg (ijklijn Booij om N opname te meten aan vullen tot streefwaarde afgeleid van N venster, i.o.m. teler).
- 40 kg Stikstof aan de basis vanaf begin knolaanleg wekelijks (max 3x) Maximaal 15 kg/ha bijgeven (vloeibaar) op basis van sensorwaarde (deze variant i.o.m. de teler verder uitwerken).

Waarnemingen aan de plots:

- De locatie van de plots wordt met GPS vastgelegd (< 1 meter afwijking).
- Waarnemingen met Cropcircle (10x).
- Waarnemingen met Cropscan (2x) wekelijks rond sluiten gewas.
- Opbrengstbepaling van 9 plots.
- Van monsters (9 planten/monster) sortering (Miedema Smartgrader?).

PPO verzamelt de data en analyseert deze. De systeem vergelijking wordt gerapporteerd in een PPO-rapport en een power point presentie.

De uitkomsten worden gebruikt voor validatie van de adviesmethode ontwikkeld i.k.v. een eventueel Bedrijfsoverstijgend PPL project **“Implementatie en integratie van sensorgestuurde advisering van Stikstof bijbemesting in aardappel.”**

Kosten:

Onderwerp	Kosten PPO (€)
plan maken en afstemmen met initiatiefnemer.	500
proefplan afstemmen met telers + aanleg	1.000
2x meten Cropscan + data analyse	1.200
dataverwerking Crop Circle data	917
Oogst en opbrengst + sortering	1.495
Begeleiding, data analyse en rapportage	5.215
Totaal (Excl Btw)	10.327
BTW (19%)	1.962
Totaal (incl BTW)	12.289

Uitvoering:

Uitzetten stroken: PPO in overleg met teler

Metingen Cropscan 2x : PPO

Metingen Cropcircle minimaal 3x: Teler

Oogst: Teler onder supervisie PPO

Opbrengstbepaling en sortering: Miedema

Begeleiding, data analyse en rapportage: PPO

Bijlage 2. Weerdata Lauwersoog

Weersgegevens Decade gemiddelde temperatuur straling en relatieve luchtvochtigheid en neerslagsom in de periode van 20 april tot 1 oktober 2011 van het KNMI station Lauwersoog.

mnd-dec	Tgem 0.1 gr	Tmin 0.1 gr	Tmax 0.1 gr	glob straling J/cm2	neerslag 0.1mm	RH %	gewas
4-3	140	108	176	2020	0	69.3	poten
5-1	133	90	177	2133	48	61.3	opkomst
5-2	130	104	156	1776	194	78	
5-3	140	106	177	1820	163	74.1	
6-1	148	118	178	2228	288	78.7	bijmest
6-2	148	117	180	1697	399	79.5	bijmest
6-3	172	137	207	1831	329	79.5	bijmest
7-1	159	132	187	1569	139	75.0	
7-2	161	140	188	1422	652	83.5	
7-3	154	138	174	1223	550	82.4	
8-1	176	145	212	1553	554	80.3	dood
8-2	165	139	190	1284	253	83.5	
8-3	166	137	199	1179	454	82.8	
9-1	165	132	198	1069	519	83.9	
9-2	146	123	172	902	165	82.2	
9-3	157	121	202	1102	48	82.7	

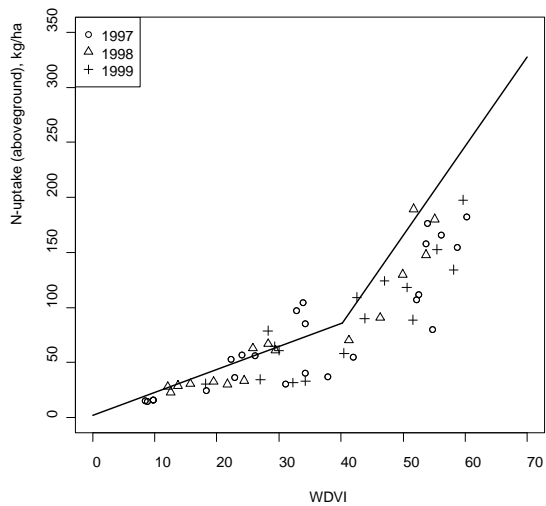
Bijlage 3. Inrichting praktijkexperiment

Inrichting van het praktijkexperiment in poot aardappelen (ras Mustang in 2011 op een perceel van Claassen te Vierhuizen.

		1				1					
		3	eind			4	eind				eind
		4	oogst			2	oogst				oogst
		2				3					
			VH-10				VH-20				VH-30
		2	2XN			1	2XN				2XN
		1	eind			3	eind				eind
		4	eind			2	eind				eind
		3	VH-12			4	VH-22				VH-32
		4	0 N			2	0 N			2	0 N
		2	eind			4	eind			3	eind
		1	oogst			3	oogst			1	oogst
		3	VH-11			1	VH-21			4	VH-31
Gangbaar Basis 75 N + 1,5 kg N per week NTS + bladmeststof bij knolzetting				Basis 50 N + 1,5 kg N per week NTS 0-30 N als KAS sensor				Basis 50 N + 1,5 kg N per week NTS + 15 N blad meststof +0-15 bladmeststof +0-15 bladmeststof			
Strook1				Strook2				Strook3			

Bijlage 4. verband $WDVI_{\text{groen}}$ – N -opname

Verband van de $WDVI_{\text{groen}}$ met de stikstofopname in bovengrondse delen (bron: van Evert et al 2011, Geleide N-bemesting voor aardappelen op basis van gewasreflectie-metingen, PPO publicatie 423)



Bijlage 5. Uitgevoerde N-bemesting

					N kg/ha	ON	2xN
						venster ON	venster 2xN
strook 1	product	N gehalte	hoev/ha	eenheid	10	11	12
18-apr	APP	10	125.00	l	12.50	12.50	12.50
20-apr	NTS	27	220.00	l	59.40	0.00	118.80
25-mei	NTS	27	3.19	l	0.86	0.86	0.86
1-jun	NTS	27	6.38	l	1.72	1.72	1.72
15-jun	flex 255	18	50.00	l	9.00	9.00	9.00
21-jun	NTS	27	4.28	l	1.16	1.16	1.16
7-jul	power quattro	232	50.00	l	11.60	11.60	11.60
					96.24	36.84	155.64
strook 2					20	21	22
18-apr	APP	10	125.00	l	12.50	12.50	25.00
20-apr	NTS	27	150.00	l	40.50	0.00	81.00
25-mei	NTS	27	3.19	l	0.86	0.86	0.86
15-jun	flex 255	18	50.00	l	9.00	9.00	9.00
21-jun	NTS	27	4.28	l	1.16	1.16	1.16
7-jul	power quattro	232	50.00	l	11.60	11.60	11.60
					75.62	35.12	128.62
strook3					30	31	32
18-apr	APP	10	125.00	l	12.50	12.50	25.00
20-apr	NTS	27	150.00	l	40.50	0.00	81.00
25-mei	urean vl	30	3.19	l	0.96	0.96	0.96
7-jun	basef blad		6.68	l	0.00	0.00	0.00
21-jun	NTS	27	4.28	l	1.16	1.16	1.16
7-jul	power quattro	232	50.00	l	11.60	11.60	11.60
					66.71	26.21	119.71