



**Intelligent gewasmanagement;
Meten, monitoren en managen van gewasgezondheid
en productmanagement in de keten**



18 Februari 2010

PT projectnummer: 13393
Status: DEFINITIEF

Projectleiding:
Stichting CropEye
Postbus 184
2665 ZK Bleiswijk
Projectleider: Jolanda Heistek, B.Sc.

jolanda.heistek@cropeye.com
T: 06 13608752



*Dit onderzoek is financieel ondersteund door het Productschap Tuinbouw.
Programmamanager Productschap Tuinbouw: Joke Klap*

Productschap  **Tuinbouw**

UITVOERENDE BEDRIJVEN:

Blgg, Nieuwe kanaal 7F, 6709 PA Wageningen
Contactpersoon: Jos Wubben



Deliflor, Postbus 77, 2676 ZH Maasdijk
Contactpersoon: Aike Post



GreenQ, Postbus 4, 2665 ZG Bleiswijk
Contactpersoon: Peter Klapwijk



Groen Agro Control (GAC), Postbus 549, 2600 AM Delft
Contactpersoon: Ruud Kaarsemaker



growTechnology, Duikerweg 7A, 5145 NV Waalwijk
Contactpersoon: Anton Blaakmeer



Luminostix/ErasmusMC, Postbus 2040, 3000 CA Rotterdam
Contactpersoon: Wouter Sjoerdsma



Marjoland, Bredeweg 1A, 2742 KS Waddinxveen
Contactpersoon Johan Sonneveld



Monsanto (DRS), Postbus 1050, 2660 BB Bergschenhoek
Contactpersoon: Frank Millenaar



Universiteit Hasselt, Agoralaan-gebouw D, 3590 Diepenbeek (België)
Contactpersoon: Roland Valcke



Van der Lugt plantenkwekerij, Irisweg 1, 2665 MS Bleiswijk
Contactpersoon; Leo van der Stoep



Zuurbier rozen, Jan Glijnisweg 12, 1703 RL Heerhugowaard
Contactpersoon; Rosaline Zuurbier



Andere leden van vereniging Fytal en bedrijven die in het project een adviserende rol hebben gehad; BASF, Bejo, Grodan, Koppert, LUCEL, Priva en de tuinbouwbedrijven; Growing Ambition, SO Natural, A&G van den Bosch, Rijnplant.

INHOUDSOPGAVE

	blz:
1. Samenvatting	4
2. Inleiding	6
3. Doelstelling	7
4. Werkwijze	8
4.1 Inventarisatie van praktijkomstandigheden	8
4.2 Gewassen/proefopzet	8
4.2.1 Tomaat	9
4.2.2 Roos	13
4.2.3 Chrysant	16
4.3 Niet-destructieve meetmethoden voor plantgezondheid/-vitaliteit	17
4.3.1 Fluorescence Imaging System (FIS) (Universiteit Hasselt) en Vitaliteitssensor (growTechnology)	17
4.3.2 (Fluorescence) Differential Pathlength Spectroscopy (F)DPS Luminostix/Erasmus MC)	17
5. Resultaten en discussie	19
5.1 Tomaat	19
5.1.1 Plantwaarnemingen	19
5.1.2 Vitaliteitssensor	30
5.1.3 Fluorescence Imaging System (FIS)	36
5.1.4 (Fluorescence) Differential Pathlength Spectroscopy (F)DPS	37
5.2 Roos	38
5.2.1 Plantwaarnemingen	38
5.2.2 Vitaliteits-sensor	40
5.2.3 Fluorescence Imaging System (FIS)	43
5.2.4 (Fluorescence) Differential Pathlength Spectroscopy (F)DPS	44
5.3 Chrysant	47
5.3.1 Plantwaarnemingen	47
5.3.2 Fluorescence Imaging System (FIS)	47
5.3.3 (Fluorescence) Differential Pathlength Spectroscopy (F)DPS	50
6. Conclusie en vervolg	52

Bijlagen

1. Gewaswaarnemingen Tomaat (GreenQ/Improvement Centre)
2. The Application of Differential Pathlength Spectroscopy in Greenhouses,
Toby Hijzen, Dr Wouter Sjoerdsma en Prof. Dr Dick Sterenborg, Luminostix/ErasmusMC,
November 2009

1. SAMENVATTING

Het omzetten van 'groene vingers' in 'groene wiskunde' is de sleutel naar optimale sturing van de teelt. Wanneer je deze kennis kan meten en om kan zetten in waarden, kunnen grenswaarden worden bepaald voor optimale gewassturing. Het stuurbaar maken van plantgezondheid betekent grip krijgen op de weerbaarheid van het gewas tegen aanwezige ziektedruk en andere stressfactoren. Een voorspelbare plantgezondheid leidt tot beter voorspellingen m.b.t. productvolume (afzetprognose), productgezondheid (kwaliteit) en leidt derhalve tot risicovermindering in de bedrijfsvoering. Het opzoeken van de grenzen, waarbij de plant optimaal in conditie blijft (plantvitaliteit/-gezondheid) en een optimale productie geeft, en de ontwikkeling van een monitoring- en adviessysteem is de uitdaging van de vereniging Fytal. Echter een dergelijk instrument ontbreekt op dit moment.

In dit project zijn verschillende meettechnieken uitgetest op planten die verschillende behandelingen hebben ondergaan. De relatie "sink/source" is bij tomaat beïnvloed door het dunnen van het aantal vruchten per tros en door bladsnoei. En bij roos beïnvloed door het aantal ingebogen takken en door het aantal takken op de struik. Daarnaast is er voor beide gewassen variatie in watergift en nutriëntenvoorziening aangebracht (droogtestress).

Voor Chrysant zijn planten geïnfecteerd met het stunt viroïde en de bodemschimmel *Verticilium*.

De **destructieve droge stof meting** in combinatie met de gewasregistratie geven een beter inzicht in de ontwikkeling van het gewas. Met name het aspect assimilaten verdeling, wordt beter inzichtelijk door naast de standaard gewasregistratie het drogestof gehalte van het blad te monitoren. Door de extra informatie verkregen uit de droge stof metingen wordt de balansen ontwikkeling van de plant generatief- vegetatief en assimilaten overschot c.q. te kort beter in beeld gebracht. De informatie die deze metingen geven is objectief en dat is waardevol bij het goed beoordelen van planten, wat tot op heden alleen nog maar visueel gebeurt.

Er zijn geen correlaties gevonden worden tussen de meetwaarde van de "**vitaliteits-sensor**" en de destructieve droge stofgehaltenes.

Bij tomaat kon er wel significante verschillen gemeten worden tussen de verschillende behandelingen (droogtestress en gewasbehandeling).

Bij roos waren de topbladeren (buitenste blaadje topblad) tussen de verschillende behandelingen niet significant verschillend van elkaar. Ook waren de vijfbladen (buitenste blaadje vijfde vijfblad) van de verschillende behandelingen niet significant verschillend van elkaar. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door de grote variatie tussen de planten als gevolg van de kleine kasruimte. Echter in alle behandelingen zijn de meetwaardes van de topbladeren significant hoger dan de meetwaardes van het vijfblad.

Met de **Fluorescence Imaging System (FIS)** is het mogelijk op een niet-destructieve wijze de impact van een aantal omgevingsfactoren (droogtestress, gewasbehandeling, ziekteresistentie) op de fysiologische toestand van de plant, gemeten als een wijziging in de fotosynthesecapaciteit, in te schatten. Voor de drie gewassen kan er gediscrimineerd worden tussen de controle en de behandeling. De resultaten tonen aan dat de FIS methode als sensor een waardevolle rol kan spelen in de bepaling van de vitaliteit van de plant en de impact van omgevingsfactoren hierop.

Met de (Fluorescentie) **Differentiële Padlengte Spectroscopie (F)DPS** wordt, door het signaal uit twee glasvezels van elkaar af te trekken, een oppervlakte meting gedaan. Na statistische data analyse (PCA) van de fluorescentie-data lijkt er een trend te ontstaan bij de verschillende behandelingen. Er zijn significant verschillen aangetoond, echter alleen als de behandeling al enige tijd aan de gang is. De techniek is voor het eerst gebruikt op plantenweefsel. In de toekomst zal gebruik worden gemaakt van een Multi-variant statistische analyse techniek. Zodat de data van de reflectiespectra en de fluorescentiespectra samen geanalyseerd kunnen worden. Een fitprocedure op basis van een fysiologisch (optisch) model van plantenweefsel zou ook veel verbeteren aan de metingen omdat hier de verschillende biologische stoffen zoals chlorofyl die het spectrum beïnvloeden accuraat uitgehaald kunnen worden.

De geteste technieken lijken geschikt te zijn om externe stressfactoren te signaleren. Het moment van signalering is in sommige gevallen (DPS, vitaliteits-sensor) nog relatief laat om op dit moment plantsturing mogelijk te maken. Voor de doorontwikkeling moet er aandacht worden besteed aan datamanagement, data-analyse vanuit verschillende sensoren, om te komen tot de ontwikkeling van een multi-sensor systeem dat de basis kan leggen voor een sensor voor vroegtijdige diagnostische analyse. Hiervoor is het noodzakelijk om een werkbaar model te ontwikkelen om de sensor metingen om te zetten naar diagnostische informatie.

Afhankelijk van de mate van 'rijpheid' van het systeem is de techniek op korte of lange termijn bruikbaar in de praktijk.

Afhankelijk van de doelstelling van de gebruiker, veredeling → selectie, vermeerdering → kwaliteitscontrole, productie → teeltsturing zal de introductie van elke techniek min of meer specifieke eisen hebben. De technieken worden op basis van de resultaten verder doorontwikkeld en in vervolgonderzoek worden de sensoren verder getest op grotere representatieve groep planten.

2. INLEIDING

De moderne tuinbouwbedrijven telen op het "scherpst van de snede"; zij streven naar teeltoptimalisatie binnen een duurzaam productieproces: verminderde input van fossiele energie, output van CO₂, reductie van middelengebruik etc.

Optimale teelt informatie (kennis) is een essentieel onderdeel van de glastuinbouw management informatie. Het omzetten van 'groene vingers' in 'groene wiskunde' is de sleutel naar optimale sturing van de teelt. Wanneer je deze kennis kan meten en om kan zetten in waarden, kunnen grenswaarden worden bepaald voor optimale gewassturing. Het opzoeken van de grenzen, waarbij de plant optimaal in conditie blijft (plantvitaliteit/plantgezondheid) en een optimale productie geeft, en de ontwikkeling van een monitoring- en adviessysteem is de uitdaging van de vereniging Fytal. Hierbij is geen sprake van teeltmaximalisatie, waarbij de optimale teeltconditie van een plant soms overschreden wordt om te komen tot maximale productie (uitputten van gewas).

Het begrip plantgezondheid/-vitaliteit staat voor het biologisch en fysisch welbevinden van de plant. Het stuurbaar maken van plantgezondheid betekent grip krijgen op de weerbaarheid van het gewas tegen aanwezige ziektedruk en andere stressfactoren. Het houdt mede in dat het ook te voorspellen is, omdat men scenario's kan doorrekenen hoe met behulp van de op te bouwen kennis (dit project) en de inzet van bedrijfsmiddelen, tot een vastgestelde plantgezondheid komt en bijbehorend kostenplaatje. Een voorspelbare plantgezondheid leidt tot beter voorspellingen m.b.t. productvolume (afzetprognose), productgezondheid (kwaliteit) en leidt derhalve tot risicovermindering in de bedrijfsvoering. Dit zal leiden tot transparantere keuzes bij de inzet van bedrijfsmiddelen. **Het managen op productgezondheid/-kwaliteit is een afgeleide van het managen op gewasgezondheid (rendement m²).**

Het kunnen meten van de gewasstand en eventueel tijdig signaleren en identificeren van afwijkingen vormen een belangrijk stuurinstrument. Echter een dergelijk instrument ontbreekt op dit moment. Dit project en de vereniging Fytal probeert daar een oplossing voor te bieden.

CropEye heeft door vragen vanuit de sector een samenwerkingsverband rondom dit onderwerp geïnitieerd; een groep van bedrijven die met inzet van haar eigen expertise een doorbraak wil bewerkstelligen op het gebied van plant- en productgezondheid; vereniging Fytal. Het doel van de vereniging is het delen van kennis en uitvoeren van onderzoek/ontwikkelingen op het gebied van plantgezondheid. De bedrijven in de vereniging omvatten de vier kennisvelden:

- Gewasgezondheid & -management
- Techniek, engineering & design
- Datamanagement & programmering
- Kennismanagement & communicatie

3. DOELSTELLING

De doelstelling van de vereniging Fytal is op een termijn van ca. 3 jaar een systeem te ontwikkelen dat plantgezondheid kan monitoren en qua management kan adviseren in een praktijkomgeving met een gezond economisch perspectief voor alle (keten)partijen. Dit systeem zal bestaan uit een plantmonitor; combinatie van sensoren (multi-sensor). Waarbij een signaleringssysteem zal aangeven of de plant zich optimaal voelt, zoniet dan geeft de waarneming ook aan of de oorzaak fysisch (bv. klimaat), biologisch (ziektedruk) of een combinatie van beide is. Dat maakt sturing van het gewas door de tuinbouwondernemer mogelijk: Early warning systeem.

De meetresultaten moet handvatten bieden voor verdere optimalisatie van de productie; duurzaam, kwalitatief hoogwaardige, onderscheidende gewassen en geogst product.

Om die doelstelling te behalen wordt door de vereniging in samenwerkingsverbanden onderzoek uitgevoerd om kennis verder op te bouwen en te ontwikkelen.

Voor het in dit rapport beschreven haalbaarheidsonderzoek is het beoogde resultaat antwoord op de volgende vragen:

- o *Zijn de gebruikte technieken geschikt om externe stressfactoren vroegtijdig te signaleren?* Selectie van sensoren door de bruikbaarheid van de sensoren in praktijk situaties te testen.
- o *Wat is het effect van de stressfactoren op de gewassen?* En wat zijn de kansen van de technieken om in te zetten voor de specifieke doelen i.r.t. de gewassen; veredeling, vermeerdering, productie?



4. WERKWIJZE

4.1 Inventarisatie van praktijkomstandigheden

In een drietal bijeenkomsten met teeltexperts (vanuit de vereniging en de praktijkbedrijven) is geïnventariseerd op welke manier klimaat, watergift en bemesting ingezet worden in de praktijk voor realiseren van optimale groei van het gewas en op welke manier deze groei het beste gevolgd kan worden. Ook is hiervoor een bezoek gebracht aan een praktijk bedrijf. Hieruit is per gewas een behandeling- en meetplan geformuleerd. Vanuit deze inventarisatie is besloten om niet alleen te focussen op specifieke inhoudstoffen, maar om de technieken uit te zetten op een zo breed mogelijk spectrum om zodoende geen informatie te verliezen. Tijdens de evaluatiebijeenkomsten van de resultaten zijn op basis van kennis van de deelnemers in de spectra nagegaan of specifieke inhoudstoffen waarneembaar zijn. Dit om kansen voor de verschillende technieken breed te kunnen beoordelen.

4.2 Gewassen/proefopzet

Om een indicatie te krijgen van meetbare parameters die gerelateerd zijn aan stress zijn rozen- en tomatenplanten in een proefkas onder verschillende condities (zoals bepaald uit de praktijk inventarisatie) geteeld, die in de praktijk tot verminderde productie en productkwaliteit zullen lijden. De proeven zijn uitgevoerd in de proefkassen van GAC, zodat de proefbehandelingen goed gevolgd en de meetmomenten flexibel gekozen kunnen worden, zonder het productieproces bij een tuinbouwondernemers te verstoren.

De relatie "sink/source" is bij tomaat op twee verschillende manieren beïnvloed door het dunnen van het aantal vruchten per tros en door bladsnoei. Daarnaast is er ook variatie in watergift en nutriëntenvoorziening aangebracht (droogtestress). Op drie verschillende momenten in de teelt zijn de verschillende behandelingen in de tomaat doorgemeten.

De relatie "sink/source" bij roos op twee verschillende manieren beïnvloed door het aantal ingebogen takken en door het aantal takken op de struik. Daarnaast is er ook variatie in watergift en nutriëntenvoorziening aangebracht (droogtestress). Op twee verschillende momenten in de teelt zijn de verschillende behandelingen in de rozen doorgemeten.

In het onderzoek zijn zoveel mogelijk gelijktijdig de volgende metingen verricht:

- Gewaswaarnemingen (Green Q (tomaat), Marjoland (Roos), Deliflor (Chrysant).
- (F)DPS (organische moleculen zoals suikers, eiwitten, Luminostix/Erasmus MC).
- FIS (fotosynthese momentaan, Universiteit Hasselt).
- Vitaliteits-sensor (Grow®).
- Destructieve droge stof bepaling (GAC/Blgg).

4.2.1 Tomaat (GAC, GreenQ/Improvement Center, DRS, van der Lugt)

Plantmateriaal en substraat

Als uitgangsmateriaal is gekozen voor trostomaat; Sucess op onderstam van Maxifort (De Ruiters Seeds). De planten zijn opgekweekt door plantenkwekerij van der Lugt (Bleiswijk). De planten zijn geplant op Grotop Expert (Grodan) 133*15*7,5 cm³ in een plantdichtheid van 3.5 planten/m².

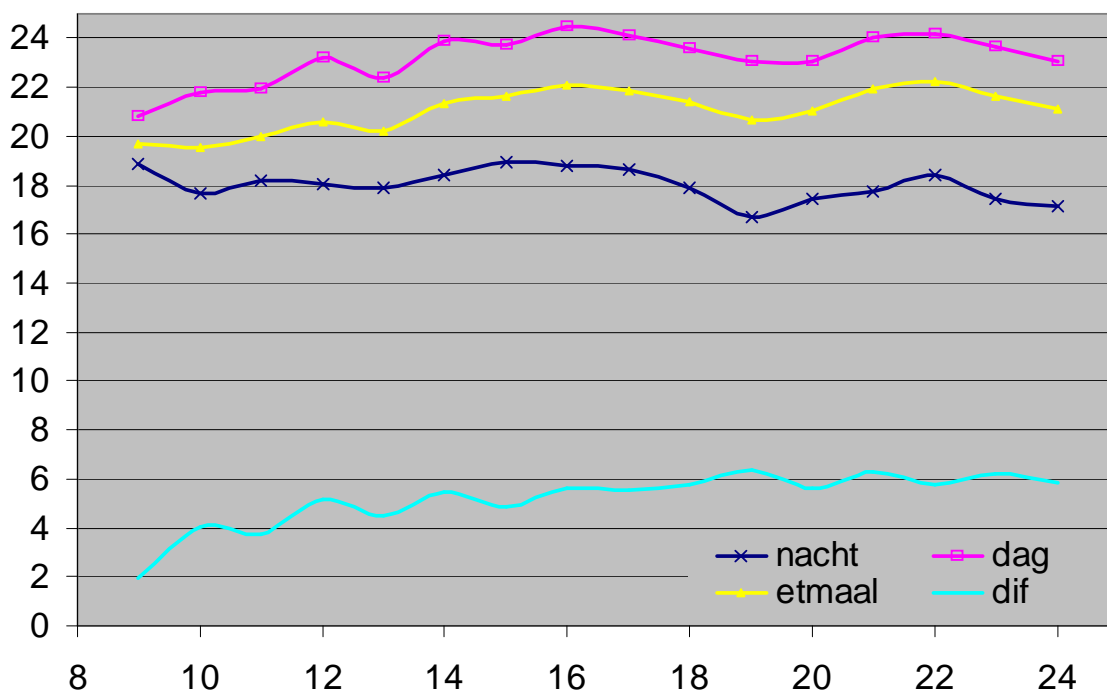
Per goot van 10.5 meter stonden 29 planten verdeeld over 3 proefveldjes van 8 planten en 3 randplanten.

Voeding en watergift

De matten zijn bij de start volgedruppeld met een EC van 5 en een pH van 5.6. De druppel EC was 3.5. De voedingsoplossing is aangepast volgens de standaard methode van Groen Agro Control. De metingen zijn uitgevoerd in de weken 11 t/m 19.

Teelt

Er is geplant in week 10. Het gewas groeide in het begin sterk vegetatief. Ook bij het droge gietstrategie. Om de groei te beheersen is vanaf de bloei van de derde tros standaard 1 op de drie aangemaakte bladeren verwijderd bij alle behandelingen. Dit betekende dat er bij de bladeren met bladsnoei één van de drie bladeren overbleef en van de referentie behandeling twee van de drie bladeren. Daarnaast is het klimaat ingesteld op een generatieve sturing van het gewas. Het verschil tussen dag en nachttemperatuur DIF liep geleidelijk op tot 6 graden (figuur 1).

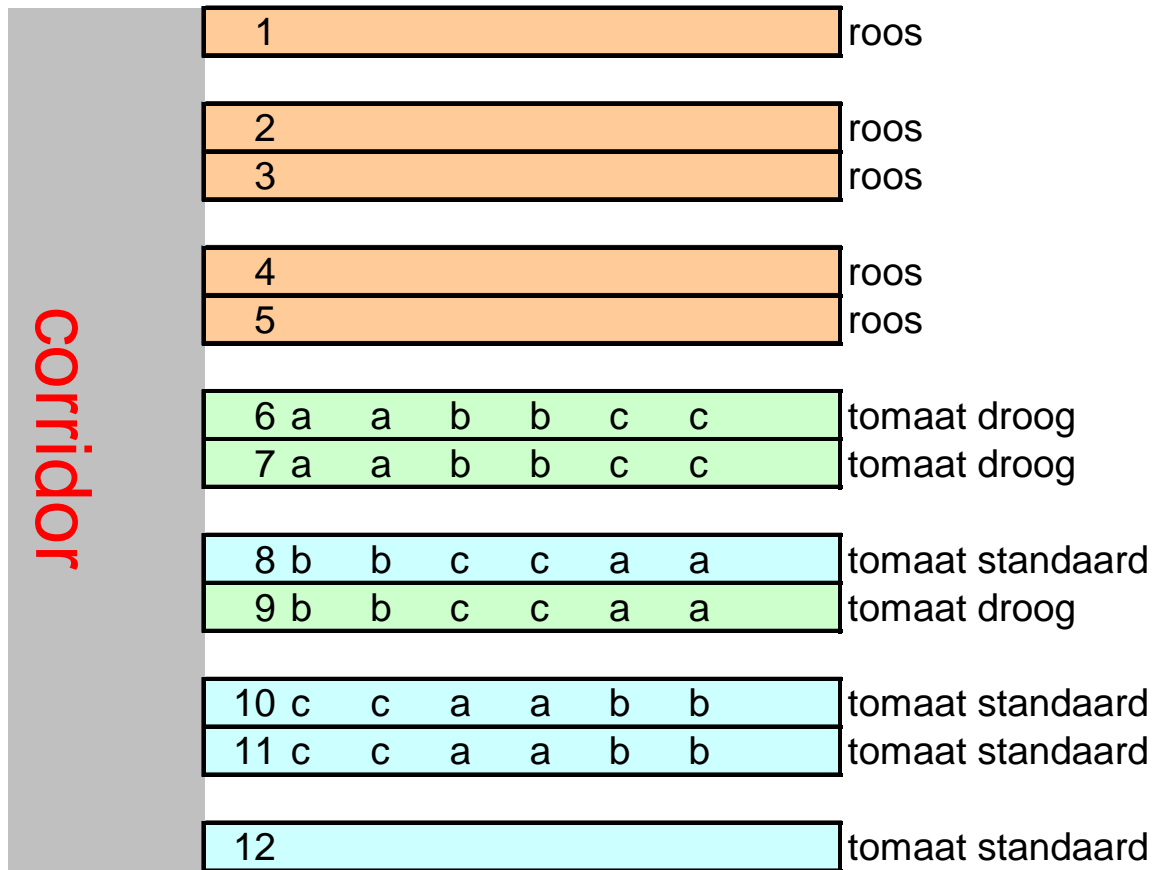


Figuur 1: Het verloop van de gemiddelde etmaal, dag en nachttemperatuur en de DIF

gedurende de proefperiode.

Behandelingen

Voor de proef tomaat is een proef in drie herhalingen uitgevoerd waarbij enerzijds watergift als factor gehanteerd werd en anderzijds de plantbelasting. De proefopzet is weergegeven in figuur 2. Door deze behandelingen wordt een normaal groeiend gewas gecreëerd versus een gewas waar meer plantstress ontstaat, de verschillen zijn met de sensoren nagemeten.



- a 3 bladeren, 6 vruchten
- b 3 bladeren, 3 vruchten
- c 1.5 blad, 6 vruchten

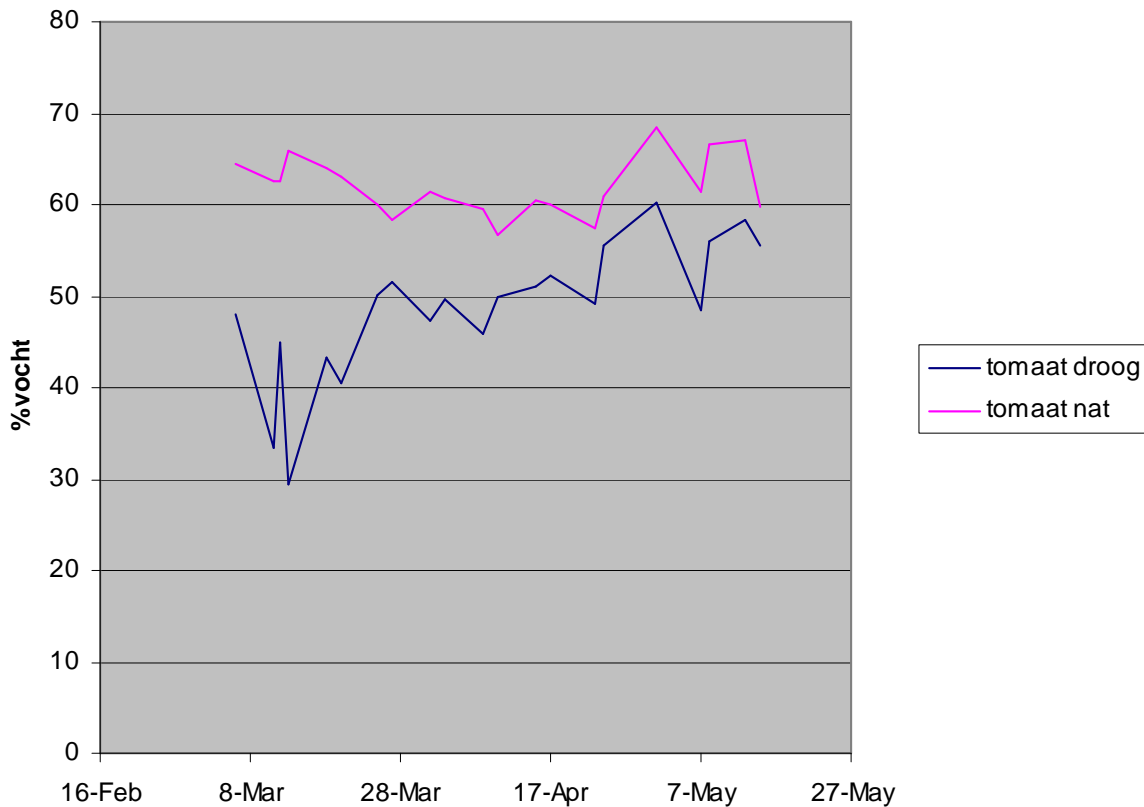
Figuur 2: Schematische weergave van de proefveldjes. In één goot stonden 6 maten met vier planten per mat.

Watergift

Er waren 2 verschillende behandelingen qua watergeefstrategie

1. Behandeling 1 normaal vochtgehalte in substraat 58-68% met een voedingswaarde van rond de 3.5 EC in het substraat (steenwol).
2. Behandeling 2 laag vochtgehalte in substraat 30-60% met hoger oplopende voedingswaarde 5-7 EC.

Het is goed gelukt om verschillen in watergehalte te realiseren (figuur 3).



Figuur 3: Het gemiddelde watergehalte in steenwolmatten bij normale en droge strategie.

Plantbelasting

Binnen deze twee gietbehandelingen zijn er drie variaties in plant belasting gemaakt:

- 1) Plantbelasting normaal, bij deze behandeling werd per tros van 6 tomaten 2 bladeren aangehouden (paars in grafiek verhouding blad tot vrucht 0,5).
- 2) Plantbelasting hoog, bij deze behandeling werd per tros van 6 tomaten 1 blad aangehouden (blauw in grafiek verhouding blad tot vrucht 0,25).
- 3) Plantbelasting laag, bij deze behandeling werd per tros van 3 tomaten 2 bladeren aangehouden (geel in grafiek verhouding blad tot vrucht 1).

De mate van plantbelasting voor een tomaten gewas leest verhouding vruchten t.o. bv LAI heeft invloed op de mate van plantstress.

Bij een tomaat is een blad een source = producent van assimilaten, en een vrucht is een sinc = gebruiker van assimilaten. Een gedeelte van de geproduceerde assimilaten is ook nodig voor de verder groei en onderhoud van de plant = LAI. Bij een normaal evenwichtig groeiend tomatengewas licht de verhouding van assimilaten gebruik op 30% voor gewasgroei tegen 70% voor de vruchtgroei. Door variaties aan te brengen in de verhouding blad vrucht, wordt deze assimilaten balans verlegd.

Dus de variant met weinig tomaten en veel bladeren heeft relatief veel sources en weinig

sincs, wat resulteert in een sterkere gewasgroei en weinig plantstress.

De variant met veel vruchten en weinig blad gaan er relatief veel van de geproduceerde assimilaten naar de vruchten en blijft er minder over voor de groei van de plant dus relatief veel plantstress.

De verschillen in blad / vrucht verhouding werden gecreëerd door respectievelijk vrucht- en bladsnoei. Vruchtsnoei betekent dat op het moment dat de tomaten tros bloeit er zoveel bloemen verwijderd wordt dat een vooraf bepaald aantal vruchten over blijft. Bij bladsnoei wordt er wekelijks tijdens het dieven en indraaien van de planten 1 of 2 kleine blaadjes uit de kop verwijderd zodat er een vooraf vastgesteld aantal bladeren per tros over blijft.

De behandelingen zijn gestart na de bloei van de 1e tros in week 11. Onder de bloeiende tros zijn geen bladeren weggehaald.

Waarnemingen gewasgroei

De waarnemingen van gewasontwikkelingen zijn per behandeling uitgevoerd door GreenQ volgens de standaard werkwijze van het Improvement Centre (Bijlage 1).

De volgende gewaseigenschappen zijn vastgelegd:

- Lengte groei per week (cm)
- Bladlengte (cm)
- Kopdikte (mm)
- Bloeiende tros (trosnummer)
- Afgeronde tros (trosnummer)
- Gezette vruchten (vruchten per week)
- Geoogste tros (trosnummer)
- Stengelbelasting (trossen per stengel)



De metingen met de verschillende technieken (Vitaliteits-sensor, FIS, (F)DPS) zijn in de weken 12, 15 en 19 (2009) uitgevoerd door growTechnology, Univ. Hasselt en ErasmusMC.

4.2.2 Roos (Blgg, GAC, Marjoland, Zuurbier)

Voor roos is een proef in tweevoud uitgevoerd waarbij enerzijds watergift als factor gehanteerd werd en anderzijds de gewasopbouw. Globale opzet van de proef:

Plantmateriaal

Stek op steenwolpot. Cultivar Akita. Stek is op 20 januari (wk 4) door Zuurbier bij Olij Rozen afgeleverd voor beworteling. Bewortelde stek is wk 9 (rond 24 februari) door Olij Rozen afgeleverd in de proefkas bij Groen Agro Control te Delfgauw en op mat geplaatst.

Stek wordt op Grodan WFL mat geplant (15 x 133 x 7,5 cm)

10 planten per mat. Afstand plantgat 13,3 cm

Lengte goot is 10,5 m. Er kunnen acht matten op de goot geplaatst worden waarbij de laatste mat iets ingekort wordt.

Voor de rozenproef zijn 5 goten a 10,5 m lengte gebruikt. Acht planten per strekkende meter = ongeveer 420 planten totaal.

Voeding

EC start bij 1,5 standaard rozenvoeding volgens advies Johan Sonneveld (Marjoland).

Behandelingen

Gewasopbouw 1^e meetserie

Stek wordt op het plantgat geplant en na 4 weken wordt de griffel ingebogen.

Er zijn drie verschillende behandelingen ingezet om verschillen in plantbelasting te realiseren:

- I Normaal, na inbuigen twee grondscheuten per plant aanhouden.
- II Een extra grondscheut inbuigen. Na inbuigen van de griffel zullen er twee grondscheuten ontstaan. De kleinste grondscheut wordt extra ingebogen zodra er geen rood blad meer aanwezig is. Voor het inbuigen de knop uitbreken.
- III Eén grondscheut verwijderen. Na het inbuigen van de griffel zullen er twee grondscheuten ontstaan. De kleinste scheut kan redelijk snel verwijderd worden (enkele weken na aanleg) zodat alle assimilaten naar de overgebleven grondscheut gaan.

Gewasopbouw 2^e meetserie

Naar aanleiding van de resultaten van de eerste meetserie en gegeven de ontwikkeling van het gewas is voor de tweede meetserie gekozen voor een andere inzet van de gewasopbouw;

- I Normaal, na de eerste snee drie grondscheuten per plant aanhouden.
- II Normaal, na de eerste snee drie grondscheuten per plant aanhouden (fabriek is al aangelegd bij de eerste snee, deze behandeling heeft dus meer ingebogen hout voor een gelijk aantal grondscheuten dan bij behandeling I).

III Na de eerste snee twee grondscheuten per plant aanhouden (deze behandeling heeft eenzelfde hoeveelheid ingebogen hout als behandeling I echter er worden minder grondscheuten aangehouden).

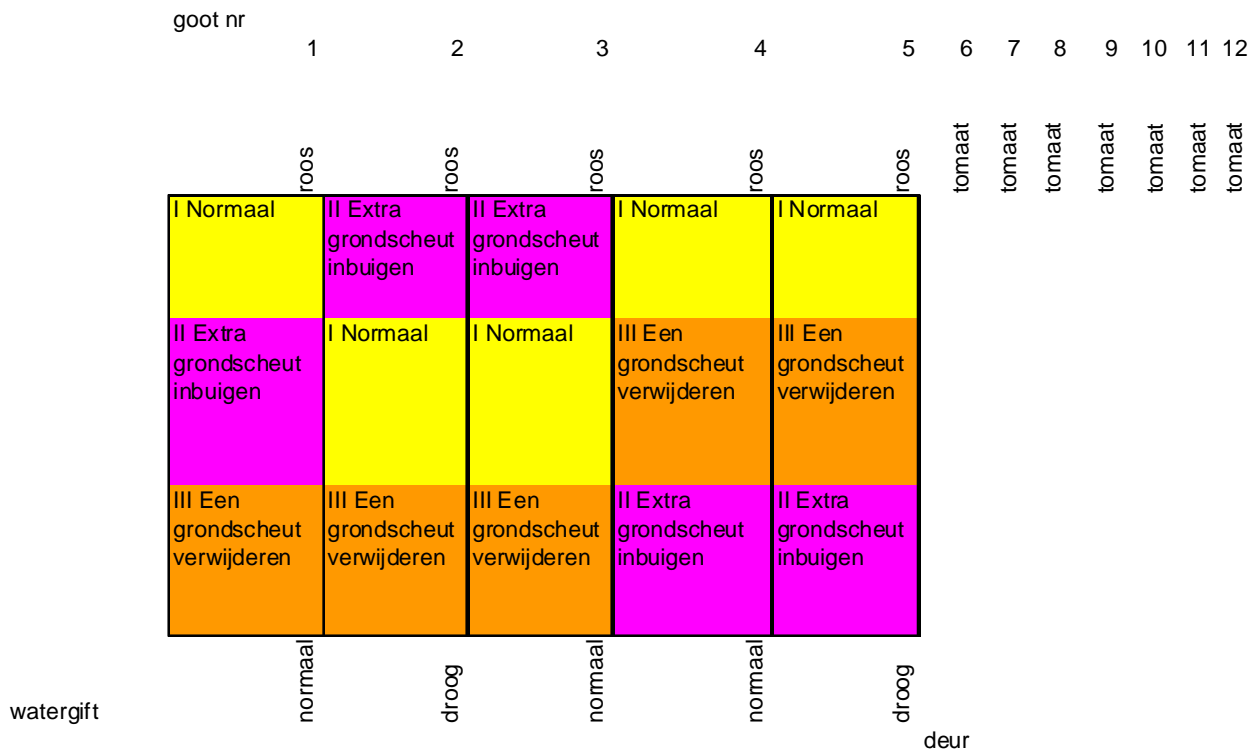
Watergift

De helft van de planten wordt een dag voor de sensormetingen droog gezet om waterstress te induceren. Na de eerste reeks rond 19 mei werd aan de hand van de gewasreactie geconcludeerd dat deze behandeling onvoldoende was om een gewasreactie te veroorzaken. Het watergehalte in de mat was in deze periode nauwelijks ingeteerd (10%) en er was bij het gewas nog absoluut geen sprake van waterstress.

Bij de tweede meetsessie eind juni is enkele dagen eerder begonnen met het verlagen van de watergift. Op de meetdagen waren er duidelijk zichtbare droogtestress verschijnselen aan het gewas waar te nemen (vochtgehalte in de mat teruggebracht naar 30%). Met name bij de jonge scheuten traden ernstige verwelkingverschijnselen op waarbij de kop in de meeste gevallen ook slap hing. Voor de oudere takken waren deze verschijnselen minder prominent zichtbaar maar aangenomen mag worden dat hier ook sprake is van waterstress.

In totaal zijn er 6 behandelingen ingezet; 5 goten waarvan 2 dubbel en een enkel (randrij). Op iedere goot worden de 3 verschillende behandelingen uitgezet. Voor de gepaarde goten worden de gelijke behandelingen naast elkaar gezet. Zie proefveldschema.





Proefveldschema

Verdeeld over een goot zijn drie behandelingen. Eerste en laatste mat zijn rand. Per behandeling 2 matten met 10 planten elk. 20 planten per behandeling. Goot 1 kan ook als randrij gezien worden.

Metingen

Op 19 en 20 mei zijn fotonische meetseries uitgevoerd door growTechnology, Universiteit Hasselt en ErasmusMC voor de eerste meetserie. Op 30 juni zijn fotonische meetseries uitgevoerd door growTechnology en Univ. Hasselt voor de tweede meetserie

Gewasmetingen

Op 21 mei en 1 juli zijn van de proefveldjes 10 gelabelde takken per veld geogst. Van ieder tak is lengte en versgewicht vastgesteld. Verder is van iedere tak van het eerste topblad en het vijfde vijfblad het droge stof gehalte (destructieve methode) bepaald.

4.2.3 Chrysant (Deliflor)

In de chrysanten teelt is het stunt viroide (CSVd) een belangrijk probleem. Besmette planten hebben een sterk gereduceerde groei (50% minder lengte groei) wat resulteert in een onverkoopbaar product. Het viroide is sterk besmettelijk en een quarantaine organisme. Door hygiëne maatregelen op de moederplanten wordt voor een deel voorkomen dat het viroide verspreid. Toch komen er telkens problemen voor in rassen. Er kunnen bij de telers tot 20% van de takken onverkoopbaar zijn ondanks de strikte maatregelen.

Het viroide is erg persistent en moeilijk met chemische middelen onschadelijk te maken. Het is niet mogelijk het viroide te bestrijden als het in de planten zit. Alleen door zeer strikt de besmette planten te verwijderen wordt verspreiding voorkomen. Het verwijderen van de besmette planten wordt bij de moederplanten gedaan. Het probleem daarbij is dat veel rassen (ca 20% van het assortiment) symptomeloos is. Daarnaast zijn de symptomen moeilijk waarneembaar en alleen door zeer gekwalificeerd personeel uit te voeren. Bewijs voor besmetting kan alleen met dure destructieve toetsen worden uitgevoerd. Het zou voor de hygiëne een grote stap voorwaarts zijn wanneer de planten eerder kunnen worden gedetecteerd met een non destructief detectiesysteem.

Verder zijn er als extra waarneming planten (verschillende rassen; vatbaar en resistent) behandeld met *Verticillium*. Deze bodemschimmel resulteert in de plant tot vaatverstopping. Dit kan gezien worden als een vorm van droogte stress omdat de wortel problemen heeft met de vochtopname.

Omdat stunt viroide en de schimmel *Verticillium* een reactie geeft op de groei van de planten is de verwachting dat met behulp van precieze metingen van de chlorofyl fluorescentie (m.b.v. FIS en (F)DPS) verschillen kunnen worden aangetoond tussen besmette en niet besmette planten. Als dit zo mocht zijn kunnen de besmette planten worden gemarkeerd en voortijdig worden verwijderd. Dit zal een sterke productie winst opleveren.

Proefopzet

Er zijn op de proeflocatie van Deliflor per test 10 cultivars gebruikt, deze testen kunnen vanwege het besmettinggevaar niet worden uitgevoerd in een productiebedrijf (teler).

- Stekken van chrysanthemum zijn geplant in 13 cm potten in 'moederplant' compost
- Na ca 2 weken zijn de planten geïnfecteerd met stunt viroide door sap van zieke planten op een kleine wond op een van de bovenste bladeren te wrijven.
- De groei van planten is vegetatief gehouden door toepassing van een korte dag regime van licht (max. 6 uur donker en min. van 18 uur licht).
- Water wordt gegeven aan de planten als nodig is.
- De optimale temperatuur voor vermeerdering van stunt viroide is 23-26 graden en voor het tonen van symptomen 26-29 graden (om die reden is een gemiddelde temperatuur van 26 graden gebruikt overdag en 20 graden 's nachts).

4.3 Niet-destructieve meetmethoden voor plantgezondheid/-vitaliteit

4.3.1 Fluorescence Imaging System (FIS) (Universiteit Hasselt) en Vitaliteits-sensor (growTechnology)

Het doel van deze metingen was het verzamelen van fluorescentie sensor gegevens, met twee verschillende technieken, om de impact van de invloed van een aantal milieuv variabelen (stressfactoren) op de vitaliteit van een aantal gewassen te kunnen bepalen. Het type stress wordt vermeld bij het specifiek gewas.

De basis van deze sensortechnologie is gerelateerd met het fotosynthesep proces. Tijdens dit proces wordt de licht energie geabsorbeerd door het fotosynthese-apparaat. Dit omvat een complex systeem van fysische en chemische reacties waardoor de lichtenergie uiteindelijk omgezet wordt in biologische componenten zoals bv. suikers. Een gedeelte van de geabsorbeerde lichtenergie gaat verloren als warmte of wordt terug uitgestraald onder de vorm van licht, dit is fluorescentie. De wijze waarop dit gebeurt is zeer complex en reflecteert de fysiologische gezondheidstoestand van een blad op een welbepaald ogenblik.

De 'vitaliteits-sensor' is een nieuw ontwikkelde sensor (prototype) en is gebaseerd op een specifieke fluorescentie meting.

De fluorescentie-emissie van de bladeren werd met het "Fluorescence Imaging System, FIS" van de Univ. Hasselt volgens een vooraf bepaald protocol opgenomen. De beelden werden met wiskundig-statistische technieken verwerkt.

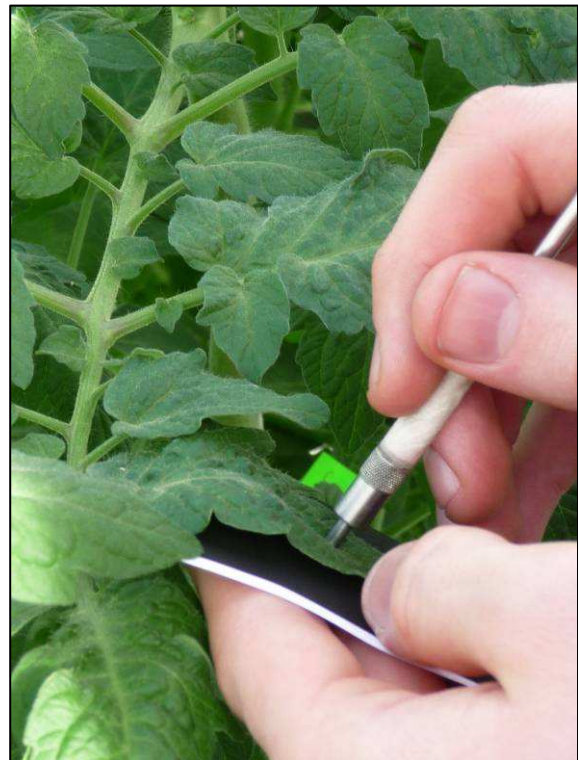
Hiervoor de zgn. Genty-parameter gebruikt; gedefinieerd als de verhouding van het verschil van de fluorescentie bij lichtverzadiging ($F'm$) en de fluorescentie onder steady-state belichting (F_s) op de fluorescentie bij lichtverzadiging ($F'm$), $(F' - F_s)/F'm$. De berekeningen van de beelden gebeuren pixel per pixel. Uit de analyse van het histogram van de pixelverdeling worden in dit verslag de conclusies bekomen uit de mediaan van het histogram en de r^2 (correlatie tussen reële verdeling pixels en de theoretische normaalverdeling) weergegeven.

4.3.2 (Fluorescence) Differential Pathlength Spectroscopy (F)DPS (Luminostix/Erasmus MC)

(Fluorescentie) Differentiële Pathlength Spectroscopy ((F)DPS) is een techniek die gebruik maakt gebruik van licht uit het zichtbare spectrum (350 nm-1000 nm) en wordt verzonden en ontvangen met een glasvezel. De glasvezel tip wordt op biologisch weefsel gelegd dat moet worden gemeten. Het licht wordt deels weerkaatst en deels doorgelaten door het weefsel. De twee glasvezels in de meettip ontvangen de hoeveelheid weerkaatste en doorgelaten licht. Door deze van elkaar af te trekken wordt een gecorrigeerd spectra opgenomen. De techniek is door ErasmusMC ontwikkeld voor de analyse van gezonde en

zieke (kanker)cellen in humaan weefsel. De techniek lijkt ook geschikt te zijn voor analyse van plantencellen. In dit project is de techniek toegepast op verschillende gewassen (Roos, Chrysant en Tomaat) om na te gaan of er tussen de verschillende behandelingen gediscrimineerd kan worden. Omdat er nog niet bekend is welke stoffen in een plant verantwoordelijk zijn voor vitaliteit/plantgezondheid is er gekeken naar correlatie (verschillen) tussen gezonde en zieke planten (Chrysant) en verschillende tussen de behandelingen (Tomaat en Roos)

Omdat dit een volledig nieuw sensorsysteem en techniek betreft wordt in dit rapport de bevindingen in hoofdlijnen verwerkt. In Bijlage 2 is een volledige rapportage van de techniek en metingen beschreven.



5 RESULTATEN EN DISCUSSIE

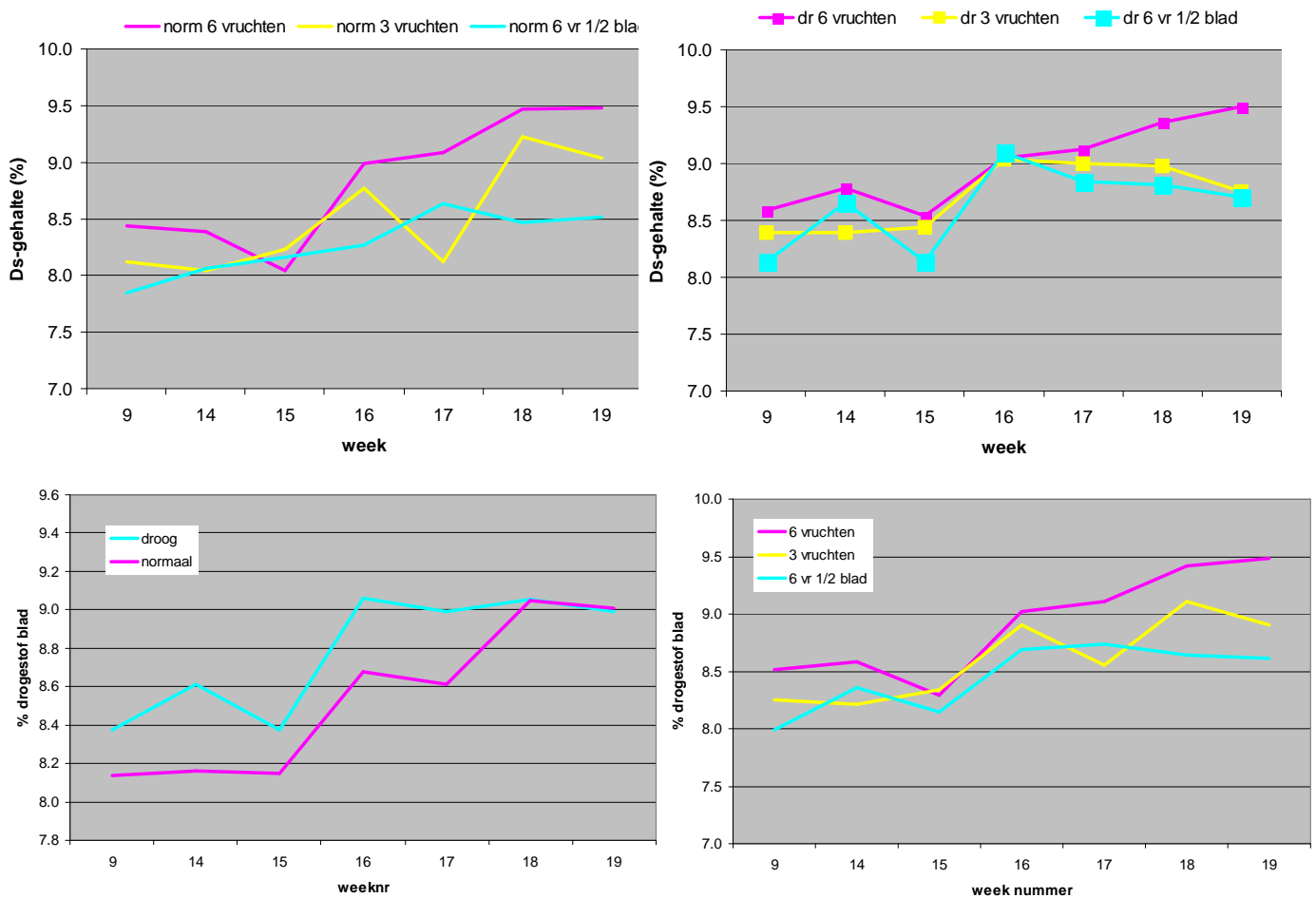
5.1 Tomaat

5.1.1 Plantwaarnemingen

Conclusies algemeen:

Kopdikte en strekking van bladeren en de stengel zijn beïnvloed door plantbelasting en watergift. Als resultaat daarvan wordt een drogestofgehalte gevonden. Bij interpretatie van meetgegevens spelen fysieke plantkenmerken als kopdikte, blad en stengelstrekking een bepalende rol (Zie bijlage 1 voor alle details).

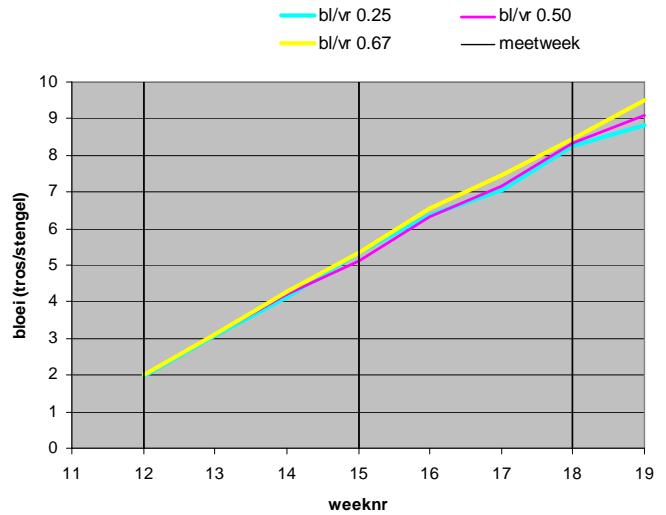
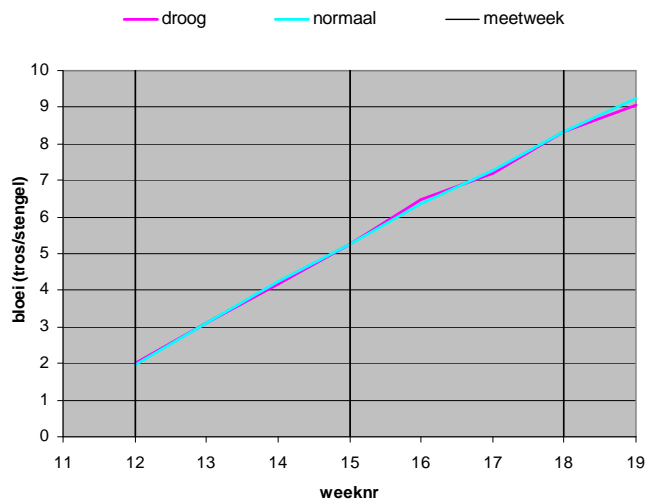
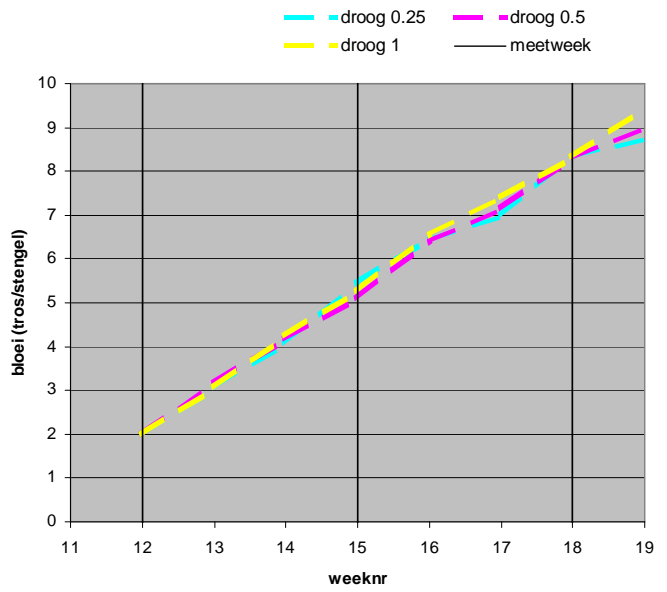
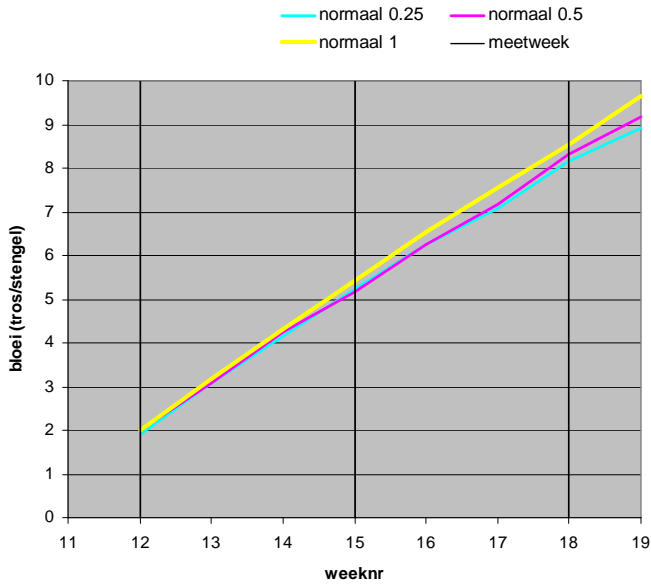
Drogestofgehalte blad



Conclusies drogestofgehalte blad:

- droog geeft een hoger drogestofgehalte dan normaal
- bij lage sink (bl/vr = 1) gemiddeld lager drogestofgehalte in bladeren
 - minder lengtegroei, dus meer in de schaduw en wat minder assimilaten beschikbaar.
 - meer volume vegetatieve delen, dikkere bladeren en dikkere kop en meer verdunning.

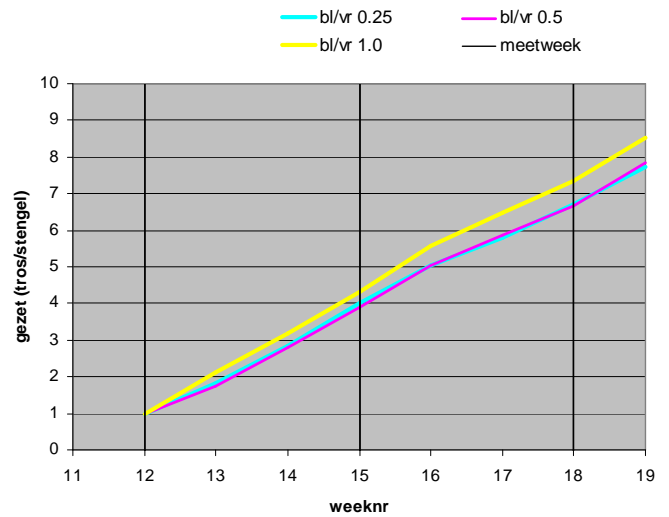
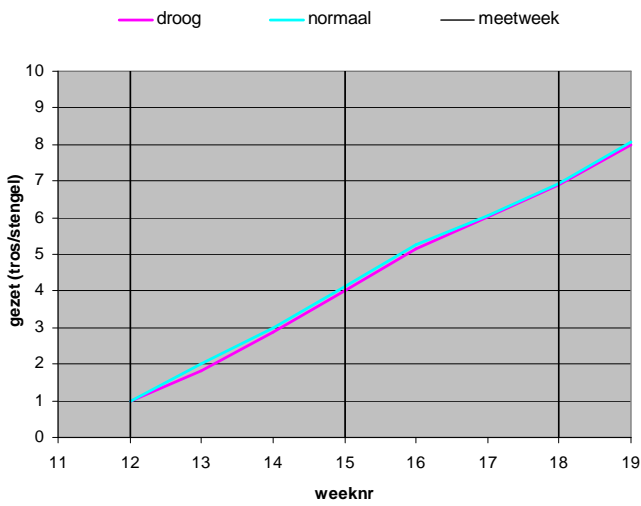
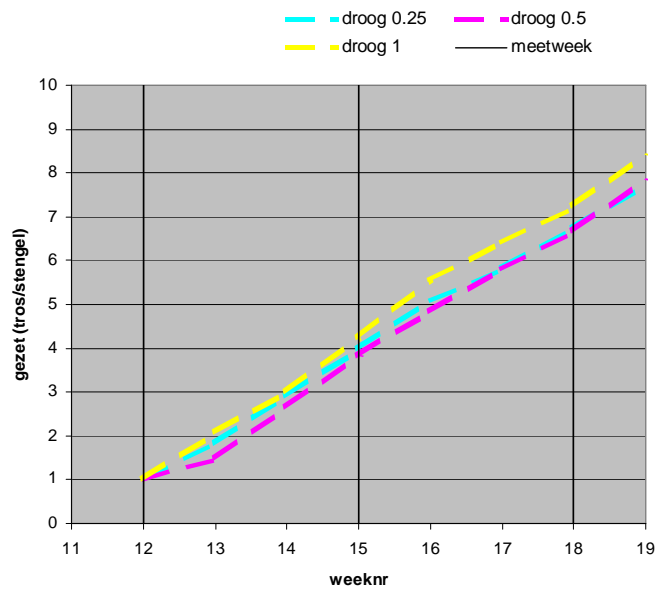
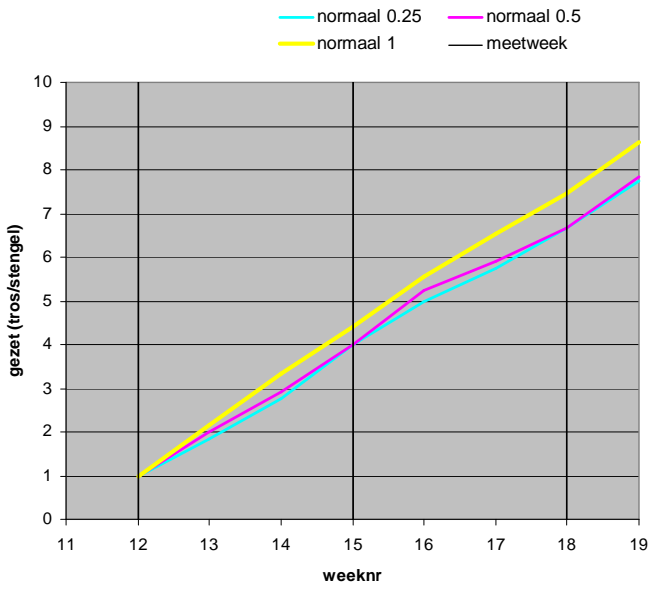
Cumulatief bloeiende tros



Conclusies bloeisnelheid:

- Bij lagere plantbelasting neemt de bloeisnelheid toe
- Geen invloed van het vochtgehalte
- Zoals verwacht

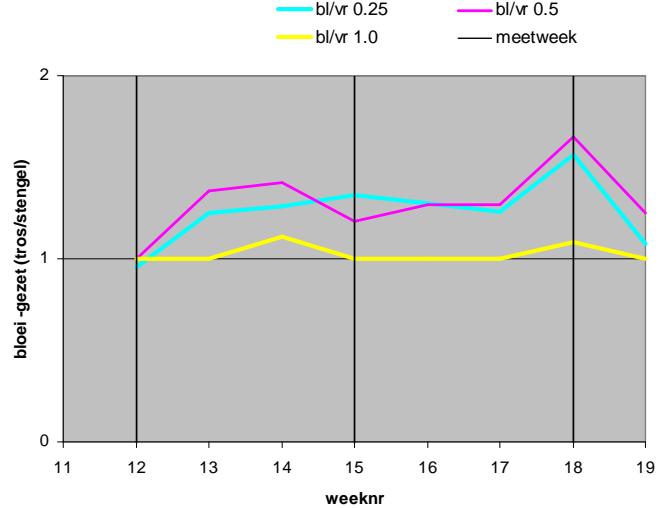
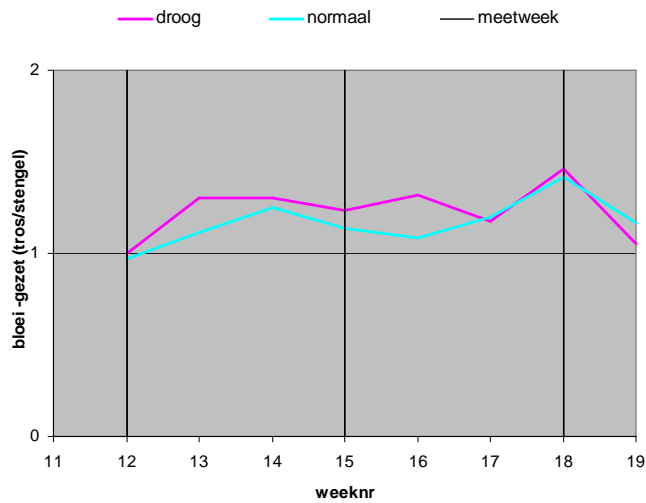
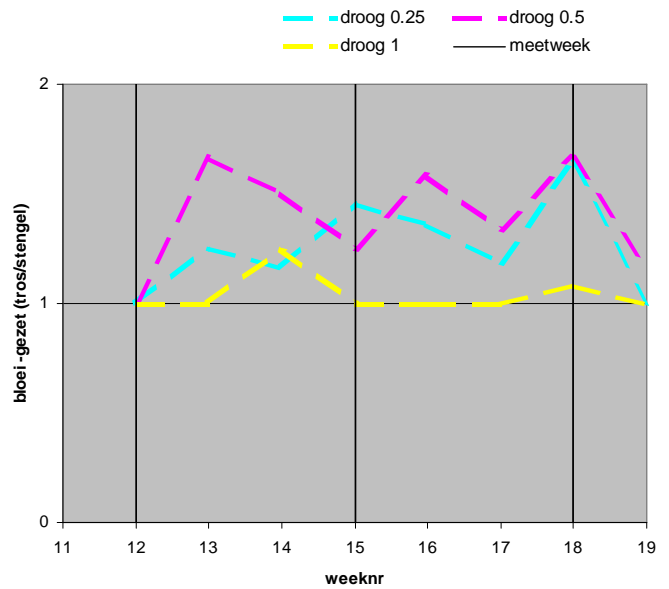
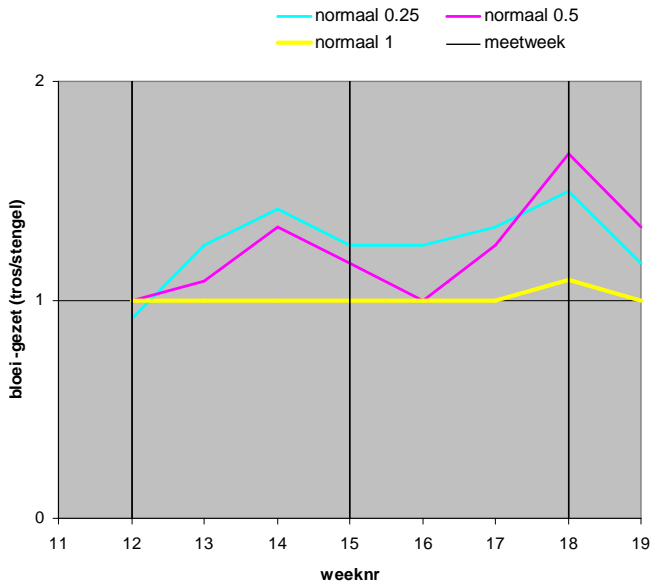
Cumulatief gezette tros



Conclusies zettingsnelheid:

- Bij 3 vruchten per tros hogere zettingsnelheid, tros is al gezet bij drie vruchten/tros in plaats van 6 vruchten.
- Geen invloed van het vochtgehalte

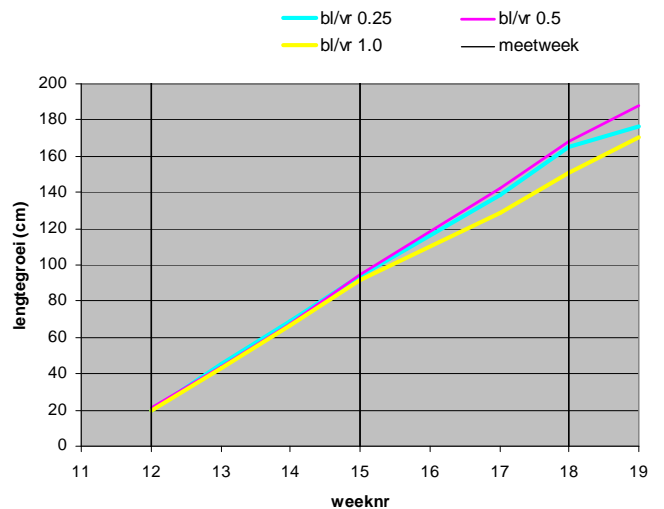
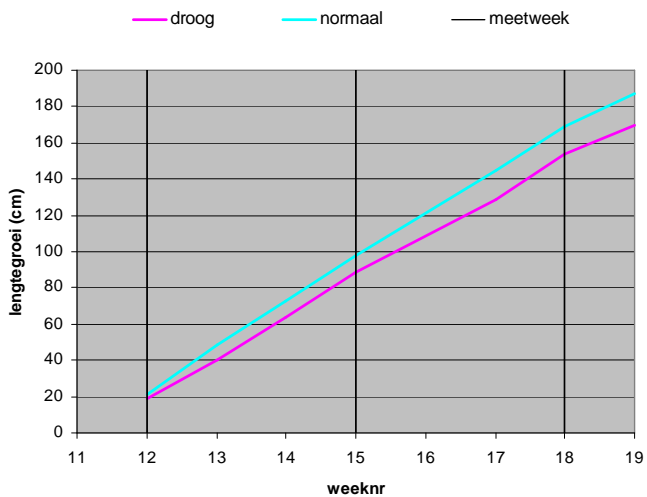
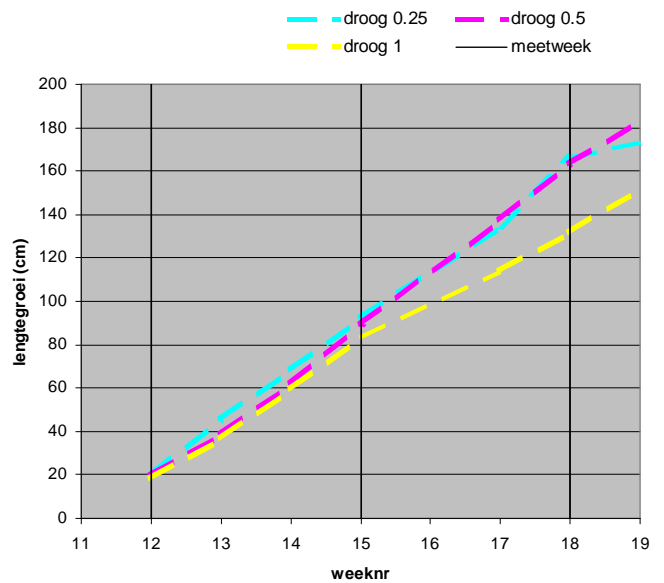
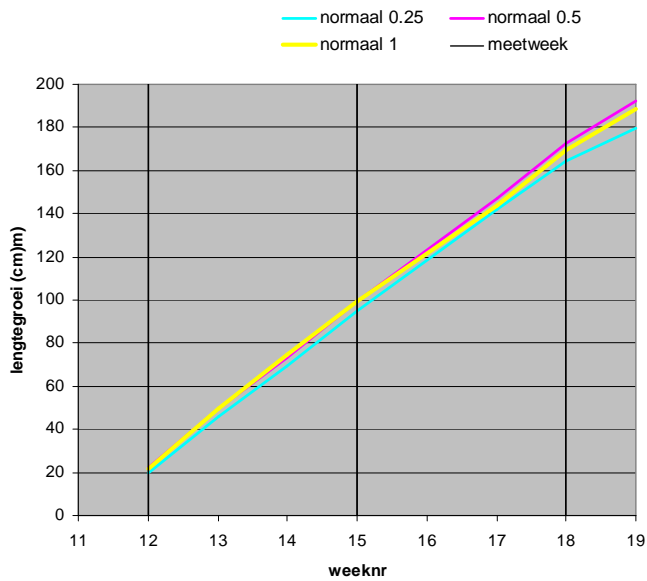
Vershil cumulatief bloei – cumulatief gezet



Conclusies verschil cumulatief bloei – cumulatief gezet:

- Bij 3 vruchten per tros is een kleiner verschil tussen bloei en zetting dan bij 6 vruchten/tros.
- Geen invloed van het vochtgehalte
- Geen verschil tussen de behandelingen met 6 vruchten/tros (0.25 & 0.5)
 - Waarschijnlijk is er voldoende licht beschikbaar

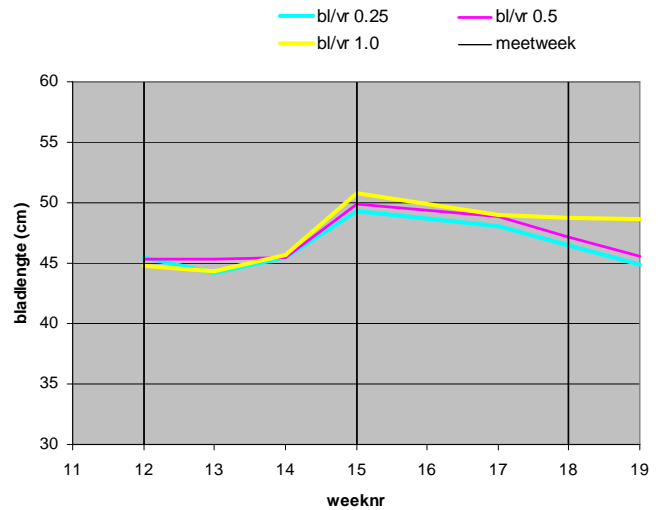
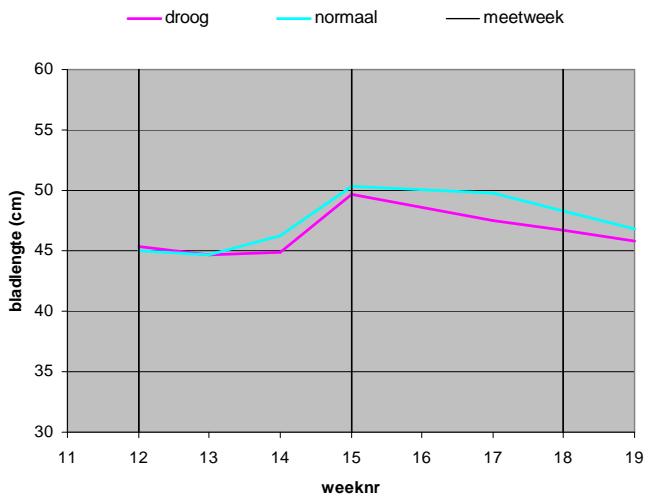
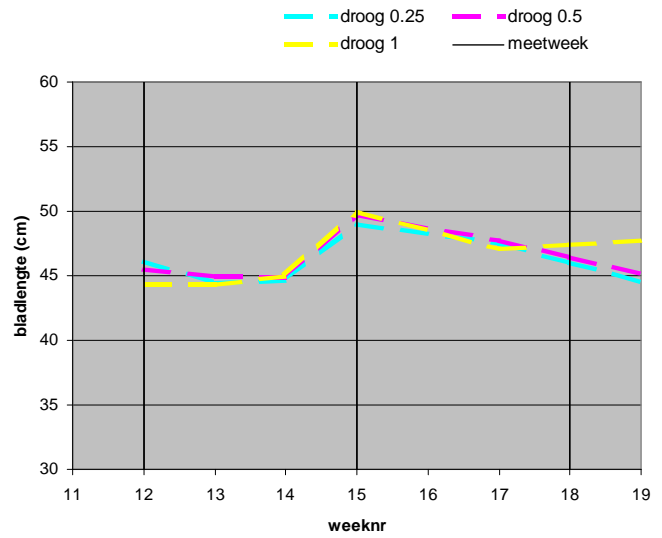
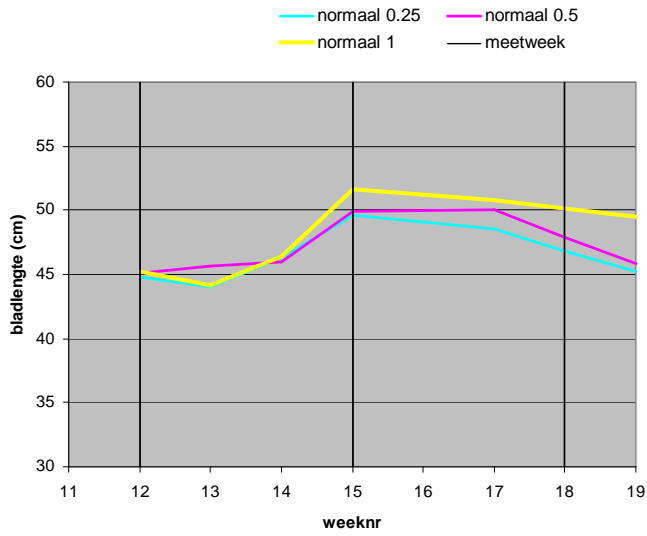
Cumulatief lengtegroei



Conclusies lengtegroei:

- Minder lengtegroei bij droge mat
- Minder lengtegroei bij lage sinksterkte ($bl/vr = 1$)
 - Hierdoor blijft het gewas lager, minder assimilaten beschikbaar!! vanaf week 15
- Bij normaal telen geen verschil in bladlengte bij de verschillende blad- en vruchtbehandelingen

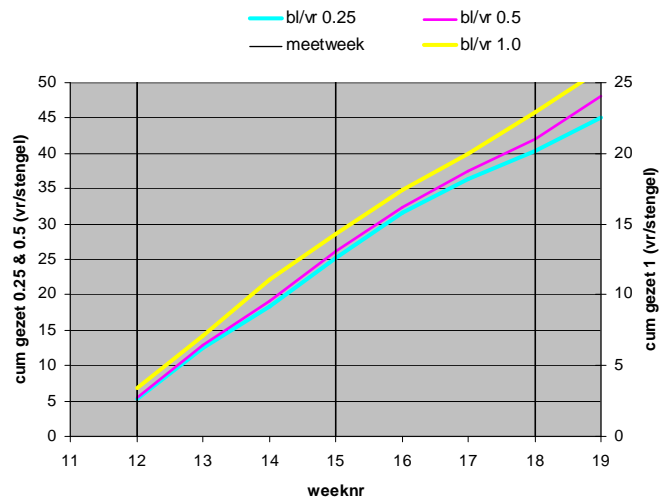
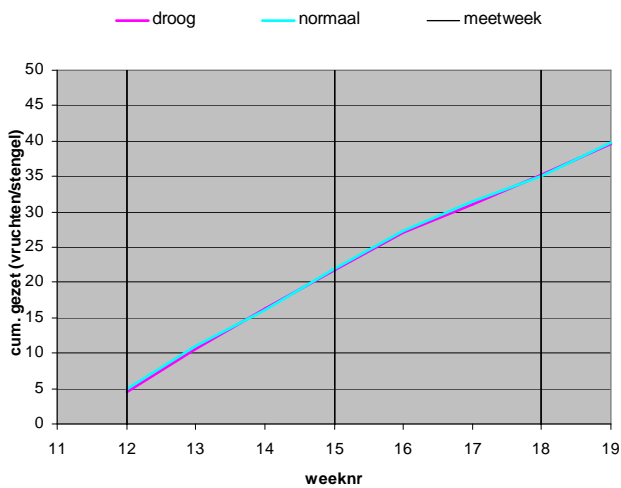
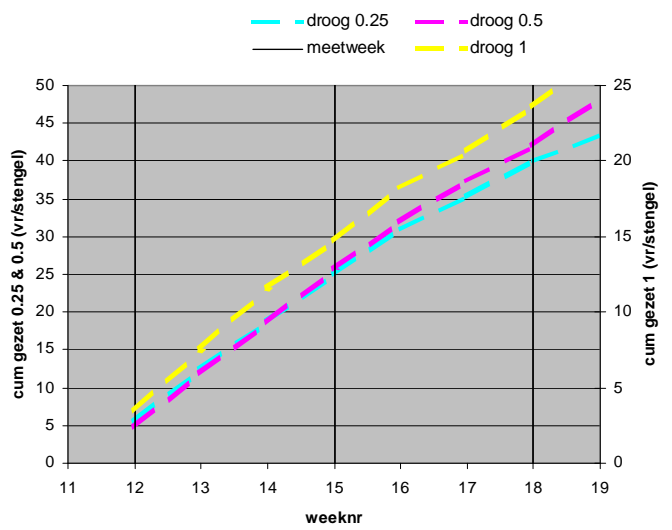
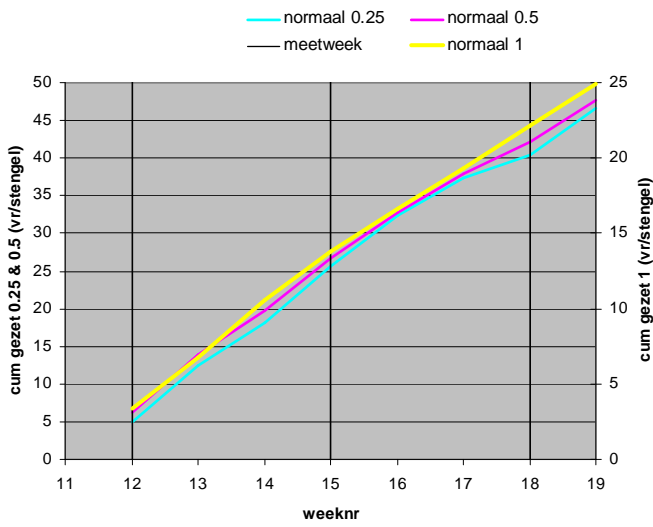
Bladlengte



Conclusies bladlengte:

- Bij normaal watergehalte gemiddeld langere bladeren
 - toenemend van blad/vrucht 0.25 (vrijwel gelijke bladgrootte) tot 5% grotere bladlengte bij blad/vrucht 1
- Bij droog telen wordt bladlengte niet beïnvloed door snoeibehandelingen.

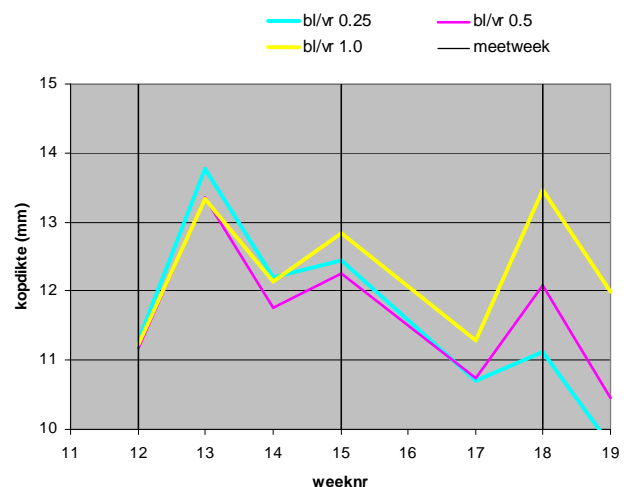
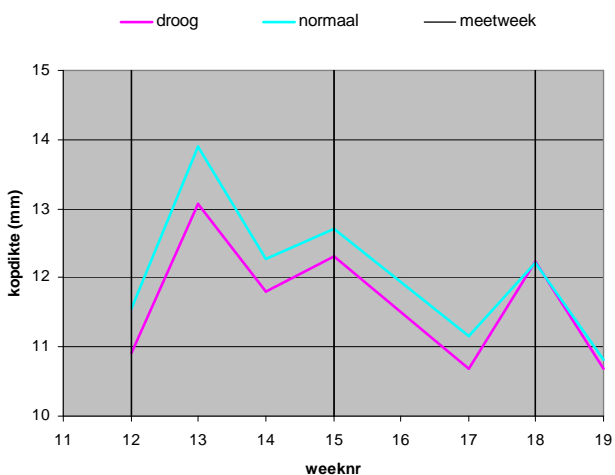
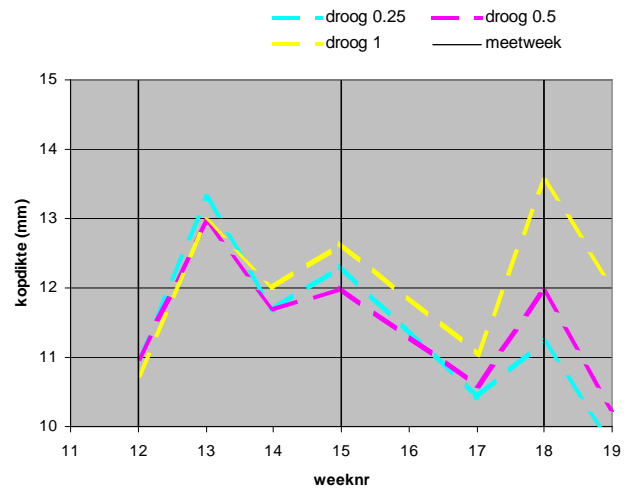
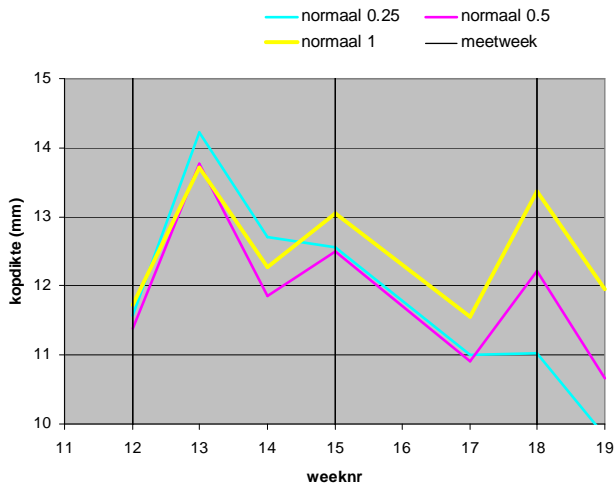
Cumulatief gezet



Conclusies gezet:

- Geen verschil in zetting tussen droog en normaal telen
- Bij lage plantbelasting relatief meer gezette vruchten
 - bl/vr 0.25 blijft achter bij bl/vr 0.5 door gemiddeld minder gezette vruchten per tros (zettingssnelheid in trossen is gelijk)

Kopdikte



Conclusies kopdikte:

- Bij normaal telen dikkere kop
- Bij hogere plantbelasting wordt kop dunner

Discussie groeiverloop (P. Klapwijk)

Analyse van de grafieken van de gewasregistratie en drogestof metingen en ook conclusies van R Kaarsemaker (GAC) laten zien dat de gewasontwikkeling in de diverse variaties van teeltwijze en plantbehandeling volgens verwachting was.

Een lage plantbelasting geeft per saldo meer gewasgroei en een vitalere plant met een dikkere kop en dikkere bladeren.

De hoogste plantbelasting geeft de dunste kop en het minst vitale gewas.

De normale plantbelasting zit hier net tussen in.

Normaal en droog

Ook de behandeling normaal telen t.o.v. droog telen levert het grootste gedeelte van de teelt een hoger droge stof gehalte op voor droog telen.

Dus kan de relatie gelegd worden *droog telen → meer plantstress → hoger droge stof percentage.*

Wel is te zien dat in week 19 als alle planten volbelast zijn de verschillen kleiner worden, maar dat lijkt logisch omdat enerzijds de vochtigheid van de steenwol mat van de droge behandeling steeds dichterbij normale behandeling komt.

Met daarbij het gegeven dat ook voor de planten op de normale behandeling de plantbelasting steeds verder toeneemt waardoor ook voor deze groep meer stress ontstaat.

Droge stof meting in relatie met gewasregistratie

Als we kijken naar de percentages droge stof dan zien we toch wel iets opvallends.

Blad/vrucht 0,25 Hoge plantbelasting (blauw)

Gemiddeld geeft de behandeling hoge plantbelasting blauw het laagste droge stof gehalte te zien, dit is volgens verwachting er zijn weinig sources en veel sincs, de sincs trekken hard dus blijft er niet zo veel voor de sources over.

Blad/vrucht 0,5 Normale plantbelasting (Paars)

Gemiddeld geeft deze behandeling het hoogste droge stof gehalte te zien en dat is opmerkelijk je zou verwachten dat de behandeling lage plantbelasting het hoogste zou scoren in drogestof gehalte in het blad, hier zijn immers de meeste sources en de minste sincs.

Blad/vrucht 1 lage plantbelasting (Geel)

Hier dus een lager droge stof gehalte in het blad dan bij de parse standaardbehandeling, dit zou je niet verwachten, immers het gewas met de sterkste vegetatieve groei daarbij zou je toch het hoogste droge stof gehalte verwachten.

Als je naar de gewasregistratie kijkt dan voldoet deze aan het beeld van de vegetatieve plant met veel assimilaten over en dan toch een lager droge stof gehalte gemeten hoe is dit te verklaren? Het lijkt dat bij deze vegetatieve groei met grote en dikkere bladeren en gewasdelen de assimilaten verder verdund worden.

De totale massa van deze planten kan best meer droge stof bevatten omdat er meer volume, c.q. versgewicht is, maar per vierkante centimeter is er minder droge stof aanwezig.

Assimilaten verdeling complex geheel van factoren met onverwacht resultaat

Met name het aspect *assimilaten verdeling, wordt beter inzichtelijk door naast de standaard gewasregistratie het drogestof gehalte van het blad te monitoren.*

Bij de hoge plantbelasting(blauw) zagen we een lager droge stof gehalte gekoppeld aan minder bladvolume wat betekent dat van de aangemaakte assimilaten een groter deel richting vrucht gaat (generativiteit).

Bij de normale plantbelasting (paars) was een normaal bladvolume gekoppeld aan een hoog droge stof gehalte in het blad, dit lijkt op een optimale evenwicht situatie.

Bij de lage plantbelasting (geel) zien we dat veel vegetatieve groei gekoppeld is aan een lager droge stof gehalte de groene delen worden dermate opgeblazen dat drogestof gehalte zakt.

Conclusies teelt

Algemeen:(R Kaarsemaker (GAC) en P.Klapwijk (GreenQ))

Kopdikte en strekking van bladeren en de stengel zijn beïnvloed door plantbelasting en watergift. Als resultaat daarvan wordt een drogestofgehalte gevonden. Bij interpretatie van meetgegevens spelen fysieke plantkenmerken als kopdikte, blad en stengelstrekking een bepalende rol.

De droge stof meting in combinatie met de gewasregistratie geven een beter inzicht in de ontwikkeling van het gewas.

Met name het aspect assimilaten verdeling, wordt beter inzichtelijk door naast de standaard gewasregistratie het drogestof gehalte van het blad te monitoren. Door de extra informatie verkregen uit de droge stof metingen wordt de balans ontwikkeling van de plant generatief- vegetatief en assimilaten overschot c.q. te kort beter in beeld gebracht.

De informatie die deze metingen geven is objectief en dat is waardevol bij het goed beoordelen van planten, wat tot op heden alleen nog maar visueel gebeurt onder steunt door meting van de diameter van de kop, lengte van het blad, lengte van de stengel en gewaskleur.

In het teeltproces van tomaten spelen deze gewasbeoordelingen een belangrijke rol, immers aan de hand van deze beoordelingen wordt de klimaatcomputer ingesteld en worden keuzes gemaakt of er danwel meer richting vrucht of meer richting gewas gestuurd gaat worden.

Deze gewasbeoordelingen zijn een zwakke plek in het teeltproces omdat er veel subjectieve elementen in zitten. Ervaren kwekers en deskundigen kunnen dan ook uren discussiëren of een plant generatief of vegetatief ontwikkeld.

Ook het al dan niet krachtig genoeg zijn van een gewas geeft altijd veel verschil van inzicht en wordt ook heel divers beoordeeld.

Vergelijking behandelingen en metingen

Op basis van de gewasanalyse is het moeilijk om de gewasbehandelingen te koppelen aan de plantstatus. Het blijkt dat de effecten van de gewasbehandelingen worden gecompenseerd worden door de reactie van het gewas. De gemeten drogestofgehaltenes op de drie meetdata lijkt de meest representatieve parameter voor vergelijking met de resultaten van de geteste meetapparaten (zie hoofdstukken hieronder).

De eerste meetserie waren de proefbehandelingen nog maar net ingezet. Het verschil tussen droog en nat telen was goed zichtbaar, droog telen gaf een hoger drogestofgehalte, de verschillen in plantbehandelingen hadden vrijwel geen effect op de gewasgroei. Bij gemiddelde plantbelasting (6 vruchten, 3 bladeren) werd het hoogste drogestofgehalte gevonden.

De tweede meetserie was het effect van de ingezette behandelingen goed zichtbaar en was de gewasreactie nog beperkt. De effecten van de gietstrategie én de gewasbehandelingen waren goed zichtbaar.

De derde meetserie is duidelijk beïnvloed door de gewasreactie. Ten gevolge van de vruchtsnoei werd meer gewas gevormd met relatief veel lager drogestofgehalte dan op basis van de plantbelasting van te voren verwacht werd. In bijlage 1 zijn de meetwaardes van de verschillende parameters op de drie data weergegeven.

5.1.2 Vitaliteits-sensor (growTechnology)

Meetsessie 1 (19 maart 2009)

Binnen de proef zijn zes verschillende behandelingen aangelegd. Deze zijn (standaard) 3 bladeren per zes vruchten, 1,5 blad per zes vruchten en 3 bladeren per drie vruchten. Elke behandeling is aangelegd bij een standaard (continu 70% vocht) en droog (enkele dagen 30% vocht) vochtgehalte in de mat.

Er is gemeten aan het eerste volgroeide blad ter hoogte van de bloeiende tros. Dit is van bovenaf vaak het vijfde blad. Op het blad is op plaats 2 en 4 van het samengestelde blad een pons (diameter ongeveer 3 cm) genomen (zie Foto 1). Aan deze ponsen is vervolgens een meting gedaan met de 'vitaliteits-sensor' (in 10-voud).

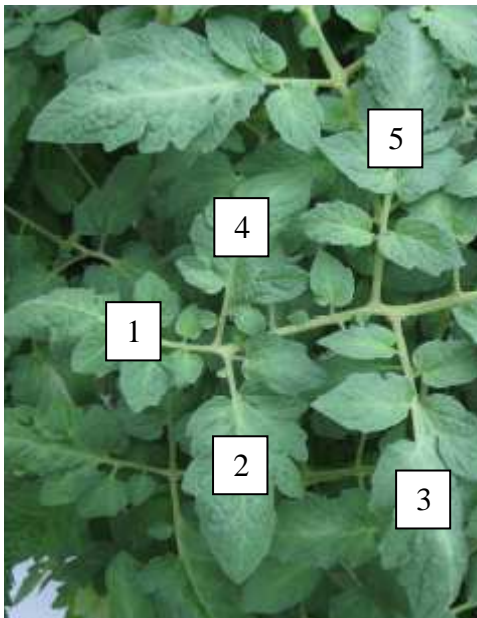
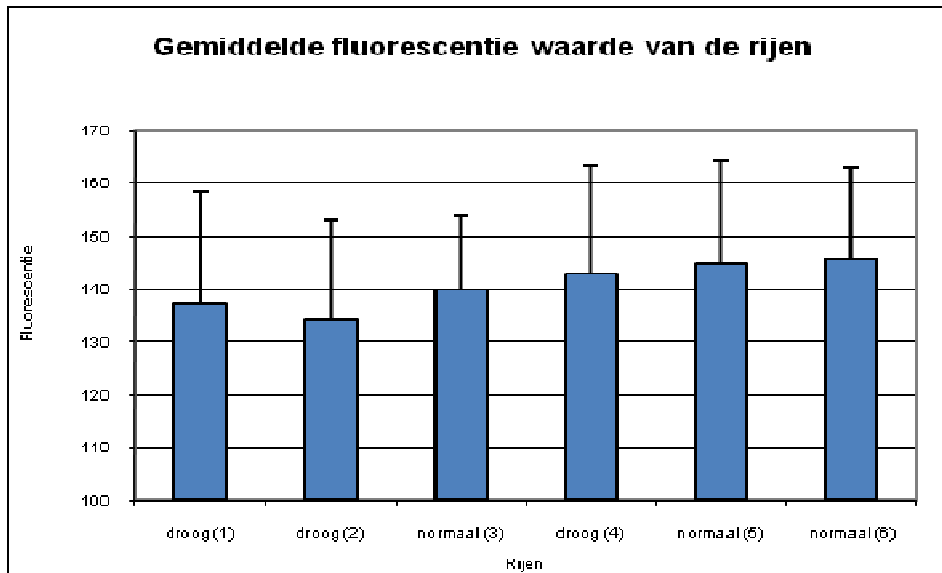


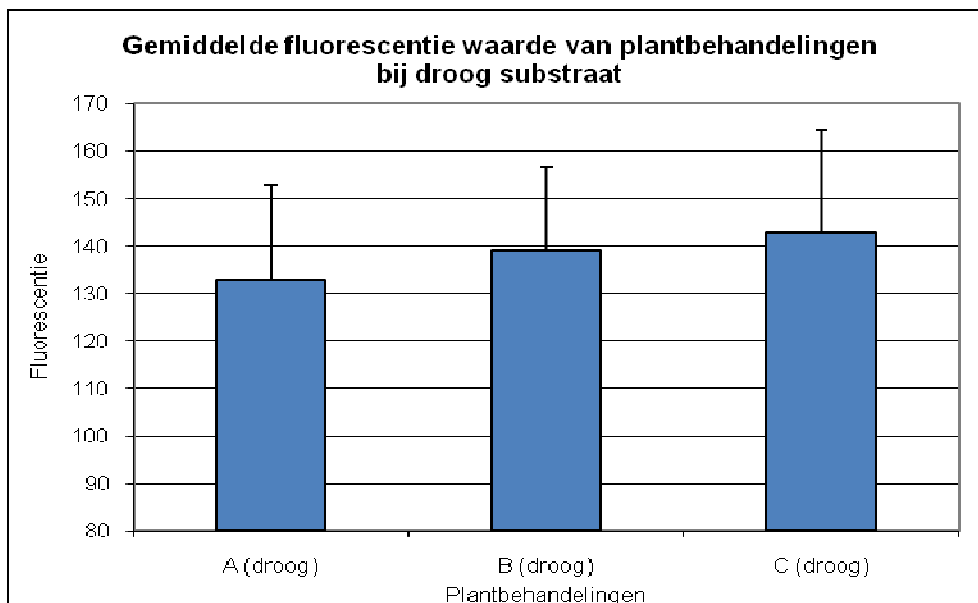
Foto 1. Locaties van ponsjes voor metingen bij samengesteld tomatenblad zijn posities 2 en 4.

De metingen zijn vervolgens gemiddeld en weergegeven in Grafiek 1. Hieruit blijkt dat de spreiding tussen de rijen groter is dan tussen de twee behandelingen.

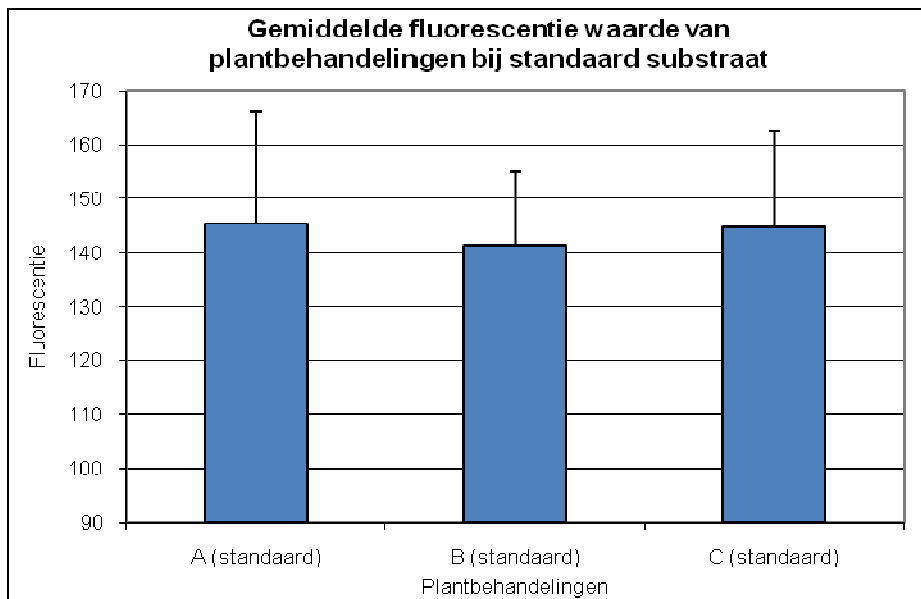


Grafiek 1. Gemiddelde fluorescentie waarde per rij (6 stuks).

Binnen de substraat behandelingen droog (Grafiek 2) kan er onderscheid gemaakt worden tussen de combinatie 3 bladeren met zes vruchten en 1,5 blad met zes vruchten. Binnen de substraat behandeling standaard kon dit onderscheid niet gevonden worden. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door de grote variatie tussen de planten.

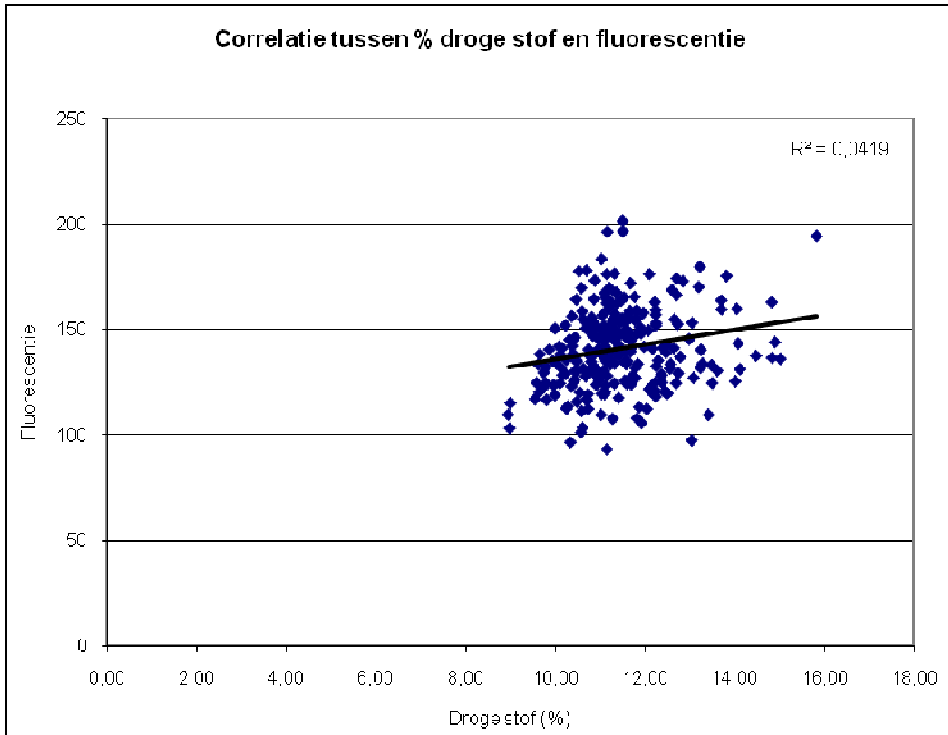


Grafiek 2. Bij de droge mat behandeling (enkele dagen 30% vocht) is er een significant verschil in fluorescentie waarde tussen behandeling van 3 bladeren met 6 vruchten (A) en 1,5 blad met 6 vruchten (C) met een betrouwbaarheid van 99%. Behandeling B is 3 bladeren met 3 vruchten.



Grafiek 3. Bij de standaard mat behandeling (continu 70% vocht) is er geen significant verschil in fluorescentie waarde tussen de verschillende plantbehandelingen. Behandeling A is 3 bladeren met 6 vruchten, behandeling B is 3 bladeren met 3 vruchten en behandeling C is 1,5 blad met 6 vruchten.

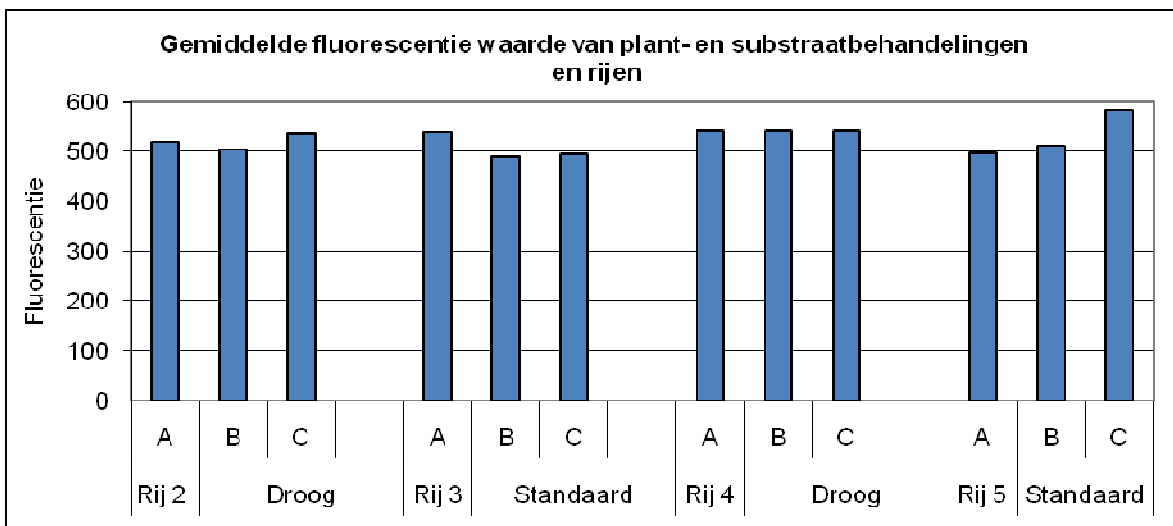
Er is geprobeerd correlaties te maken, met behulp van gemaakte bladponsjes, tussen versgewicht en fluorescentie, droge stof percentages en fluorescentie (zie grafiek 4) en drooggewicht en fluorescentie. Er zijn geen correlaties gevonden tussen versgewicht en fluorescentie ($R^2 = 0,06$), het droge stof percentage en fluorescentie signaal ($R^2 = 0,04$) en drooggewicht en fluorescentie ($R^2 = 0,12$).



Grafiek 4. Correlatie tussen het aan bladponsjes gemeten droge stof percentage en fluorescentie signaal.

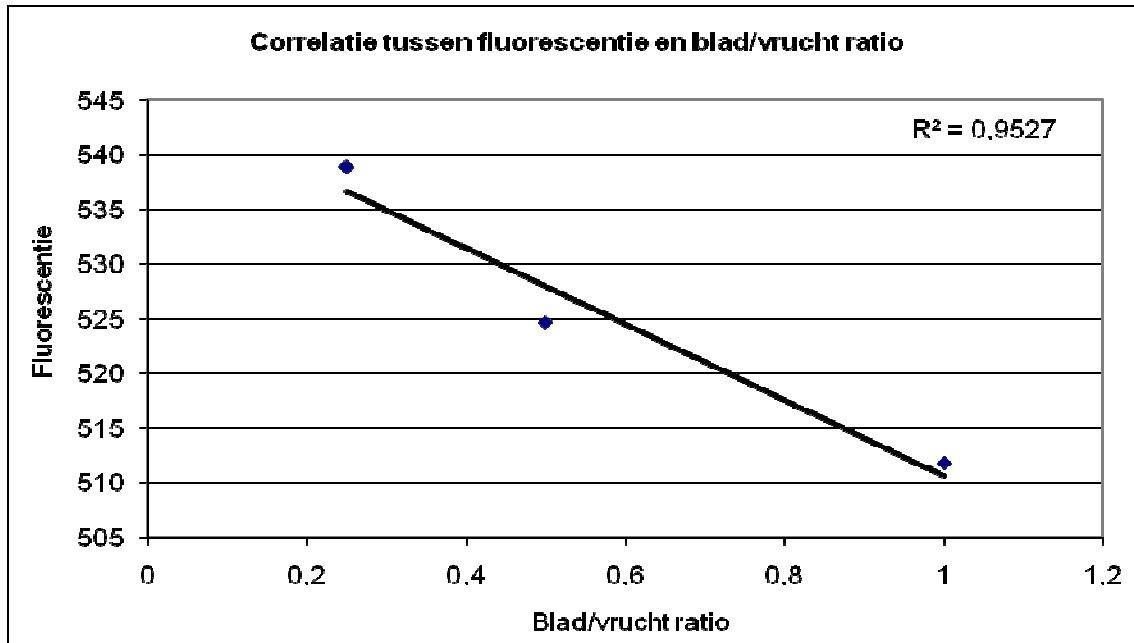
Meetsessie 2 (9 april 2009)

Door de grote rand effecten in de kas is besloten om tijdens de 2^{de} meetsessie alleen de binnenste 4 rijen te meten. De resultaten van deze metingen staan weergegeven in Grafiek 5. De verschillen in de snoei behandelingen verschillen per rij.



Grafiek 5. Fluorescentie waarde van de verschillende plant- en substraat behandeling over de gemeten rijen. A=3 bladeren met 6 vruchten, B=3 bladeren met 3 vruchten en C=1,5 blad met 6 vruchten. Standaard is continu 70% vocht en droog is enkele dagen 30% vocht.

Als er alleen gekeken wordt naar de plantbehandeling en niet substraat wordt er een hoge correlatie ($R^2 = 0,95$) gevonden tussen blad/vrucht ratio en de fluorescentie (zie Grafiek 6). Hoogste fluorescentie waarde wordt gevonden bij meeste vruchten per blad (behandeling C). Laagste waarde bij het minst aantal vruchten per blad (behandeling B).

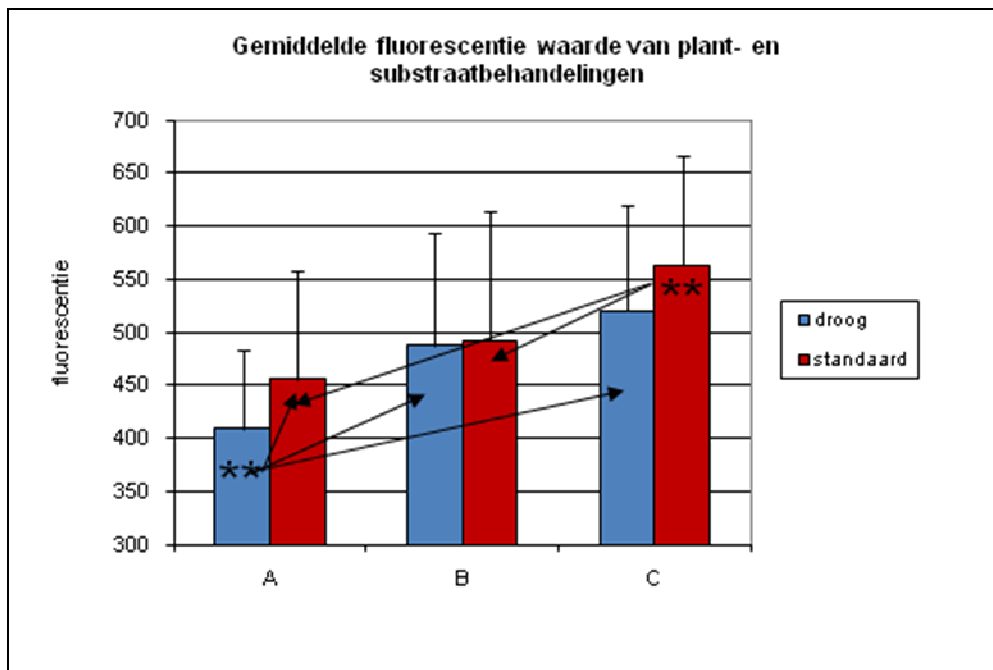


Grafiek 6. Correlatie tussen de fluorescentie waarde van de blad/vrucht ratio.

Meetsessie 3 (7 mei 2009)

In de derde meetsessie werden dezelfde rijen gemeten als in de tweede sessie en het beeld uit de tweede sessie werd bevestigd. Hoe meer vruchten per blad hoe hoger het fluorescentie signaal.

Daarnaast kan binnen de behandeling A (minst aantal vruchten per blad) onderscheid gemaakt worden tussen standaard en droog substraat behandeling. Behandeling A op droogsubstraat is significant lager dan de andere twee behandelingen op droog substraat (zie Grafiek 7). Behandeling C (hoogst aantal vruchten per blad) op standaard substraat is significant hoger dan de andere twee behandelingen op standaard substraat (zie Grafiek 7).



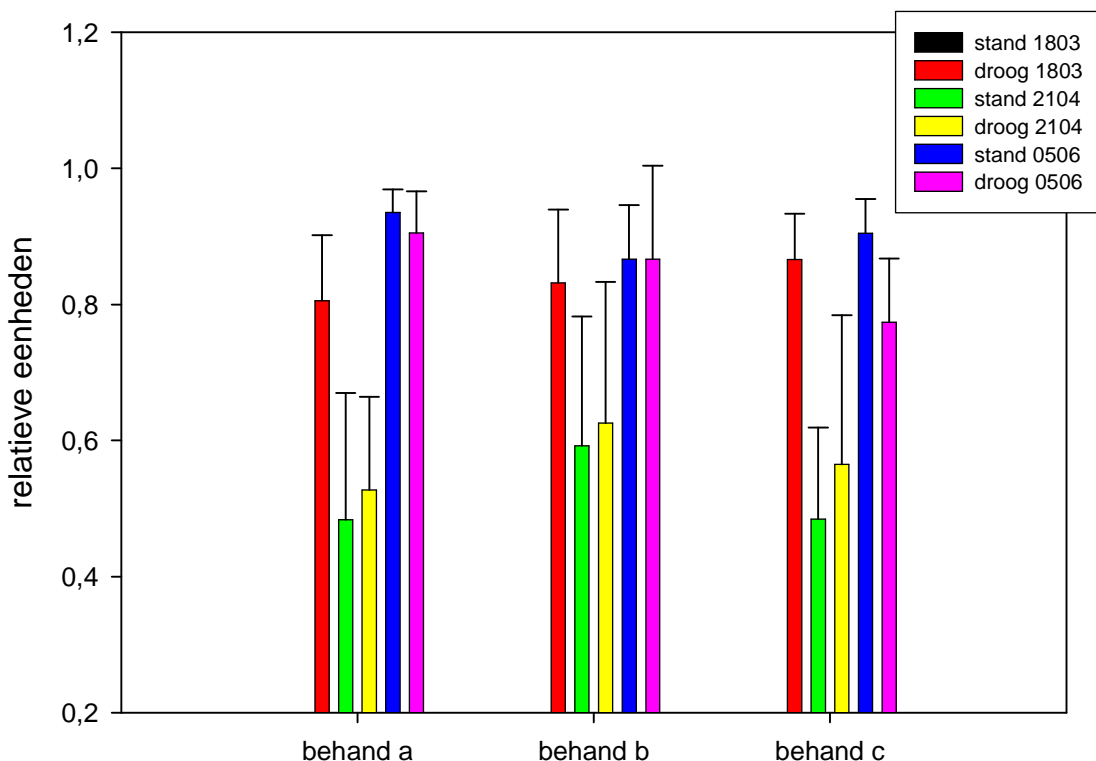
Grafiek 7. Fluorescentie in relatie tot plantbehandeling en droog en standaard substraat (n=24). A=3 bladeren met 6 vruchten, B=3 bladeren met 3 vruchten en C=1,5 blad met 6 vruchten. Standaard is continu 70% vocht en droog is enkele dagen 30% vocht.

5.1.3 Fluorescence Imaging System (FIS); Universiteit Hasselt

Proefopzet: 2 waterregimes ('normaal' en 'droog'), 3 behandelingen (a: 3 bladeren, 6 vruchten; b: 3 bladeren, 3 vruchten; c: 1.5 blad, 6 vruchten) en 3 repetities. Er werd gemeten op drie dagen (18/03, 21/04 en 06/05/2009). Per repetitie werden 10 planten gemeten.

Resultaat: op de drie vermelde dagen kan met de fluorescentieparameter, $(F' - F_s)/F'_m$ – mediaan, duidelijk gediscrimineerd worden tussen de regimes 'normaal' en 'droog' binnen de behandelingen. Tevens kan er tussen de behandelingen zelf (met zelfde regime) onderscheid gemaakt worden. Op de drie meetdagen kon steeds een onderscheid gemaakt worden tussen het effect van het regime enerzijds en de behandelingen anderzijds. Wel dient vermeld dat de voorlopige resultaten niet altijd consistent zijn en er toch een vrij grote variatie tussen de repetities kan worden waargenomen. Er zijn wel duidelijk trends aanwezig die bevestigd moeten worden (zie Figuur 1).

Tomaat: $(F'_m - F_s)/F'_m$, mediaan
normaal vs droog, 1803/2104/0605
a: 3 bladeren, 6 vruchten; b: 3 bladeren, 3 vruchten; c: 1.5 blad, 6 vruchten



Opm.: stand = standaard watergifte

Figuur 1: Tomaat, histogram analyse van de Genty-parameter, $(F'_m - F_s)/F'_m$. In de figuur wordt alleen de mediaan van het histogram weergegeven.

5.1.4 (Fluorescence) Differential Pathlength Spectroscopy (F)DPS (Luminostix/Erasmus MC)

De eerste metingen in een kas werden uitgevoerd op bladeren van tomatenplanten. De tomatenplanten waren drie afzonderlijke keer gemeten (17-03-2009, 28-04-2009, 07-04-2009). De belangrijkste analyse van de gegevens zijn weergegeven in de grafieken in Bijlage 2. Omdat er nog niet bekend is welke stoffen in een plant verantwoordelijk zijn voor vitaliteit/plantgezondheid is er gekeken naar correlatie tussen de behandelingen. Als de punten in een grafiek twee verschillende clusters vormen worden dan verschillen de gegevens significant van elkaar en dat zou bewijzen dat DPS een techniek is dat geschikt is voor het meten van deze verschillende omstandigheden.

Uit de metingen blijkt een verschil tussen droge en natte planten. Echter dit gegeven is niet in elke meetreeks duidelijk waarneembaar. Vermoedelijk speelt de plaatsing van het gewas in de kas een vertroebelende rol. De eerste rij krijgt meer licht vanwege de plaatsing in de kas en dat heeft invloed op de meting. Om die reden zijn er op latere datums nog meer metingen uitgevoerd en wordt er verwacht dat de planten meer effect van de behandeling hebben.

Bij de tweede en derde serie metingen is wederom geen duidelijke scheiding tussen droog en nat tomatenplanten zichtbaar in de grafieken. Er is echter een duidelijke scheiding tussen de eerste rij en de andere rijen net zoals gezien in de eerste metingen. Bij de derde meting heeft de invloed van het buitenlicht ook een effect op de planten en de gemeten reactie. De derde keer in de kas een serie metingen gedaan. In deze dataset is voor de eerste keer een significant verschil zichtbaar is tussen de droge en natte tomatenplanten.

Nu dat er een trend zichtbaar is tussen natte en droge planten kunnen we nagaan of er iets te zeggen is over de componenten in een blad die verantwoordelijk zijn voor dit signaal (stressfactor).

Echter omdat niet alle metingen significant zijn, is de data set te klein om hierover een eenduidige uitspraak te doen. Dus de verschillen in droogte stress zijn wel aan te tonen, maar niet een stress factor op dit moment. Daarvoor moet een grote data set worden verkregen en een uniforme meetreeks aan planten.

5.2 Roos

5.2.1 Plantwaarnemingen

1^e meetserie gewasmetingen

Resultaten van de gewasmetingen van 21 mei staan in Tabel 1 en 2.

Tabel 1. Gewasmetingen van 21 mei voor waterbehandeling droog en normaal

WATERBEHANDELING	VERS TAKGEWICHT	DW GEHALTE TOPBLAD	DW GEHALTE VIJFBLAD
Droog	70.4	0.253	0.235
Normaal	66.9	0.256	0.239

De waterbehandeling heeft geen meetbaar effect ten aanzien van het droge stof gehalte van het topblad en het vijfde vijfblad. Verder heeft het topblad gemiddeld een hoger droge stof gehalte dan het vijfblad. Waterbehandeling heeft ook nauwelijks een effect gehad op het versgewicht van de tak (lijkt eerder een omgekeerd effect). Metingen aan het watergehalte in de mat wees uit dat deze nauwelijks ingeteerd was en dat er dus ook nauwelijks gelegenheid is geweest om waterstress te ondervinden.

Tabel 2. Gewasmetingen van 21 mei voor gewasbehandeling I, II en III

Gewas-behandeling	Taklengte	Vers takgewicht	DW gehalte topblad	DW gehalte vijfblad
I Normaal	71,0	61,74	0,254	0,240
II Grondscheut inbuigen	70,9	61,75	0,249	0,235
III Grondscheut verwijderen	72,4	82,50	0,260	0,237

De gewasbehandelingen hebben duidelijk effect op het takgewicht maar niet of nauwelijks op de taklengte. Bij behandeling III is een grondscheut verwijderd. Alle energie is naar de overgebleven tak gegaan en deze is duidelijk zwaarder dan de takken bij behandeling I en II. Bij behandeling II is een extra grondscheut ingebogen. Het was de verwachting dat deze behandeling de zwaarste tak zou geven maar dat is niet tot uiting gekomen. Het inbuigen van een extra grondscheut bij behandeling II is te kort voor de metingen uitgevoerd waardoor er geen effect van waargenomen werd.

Geen van de gewasbehandelingen geeft een aantoonbaar effect op het droge stof gehalte van de bladeren.

2^e meetserie gewasmetingen

Tabel 3. Gewasmetingen van 1 juli voor de waterbehandeling droog en normaal

WATERBEHANDELING	VERS TAKGEWICHT	DW GEHALTE TOPBLAD	DW GEHALTE VIJFBLAD
Droog	56.0	0.265	0.234
Normaal	61.2	0.263	0.234

De 2^e meetserie is het gewas bij de behandeling droog gedurende een langere periode droog gezet. Het effect hiervan was duidelijk zichtbaar op de jonge scheuten. Ook het versgewicht van de geoogste bloemtakken was bij de behandeling droog lager dan bij de behandeling normaal. Vreemd genoeg zijn er geen verschillen waargenomen in droge stof gehalte tussen de behandelingen droog en normaal. Dit geldt zowel voor het topblad als voor het vijfblad.

Tabel 4. Gewasmetingen van 1 juli voor de gewasbehandeling I, II en III.

Gewas-behandeling	Taklengte	Vers takgewicht	DW gehalte topblad	DW gehalte vijfblad
I Normaal	68,3	52,0	0,260	0,229
II Normaal, extra griffel eerste snee	72,8	59,4	0,265	0,236
III Twee grondscheuten aanhouden	73,2	64,5	0,267	0,236

De gewasbehandelingen hebben in de tweede meetserie geresulteerd in de verwachte effecten ten aanzien van taklengte en vers takgewicht (zonder dit statistisch te toetsen). Bij behandeling I werd een gelijk aantal grondscheuten aangehouden als bij behandeling II (3 stuks) echter bij behandeling II was reeds gedurende het eerste deel van de proef extra griffelhout ingebogen. De planten van behandeling II zouden hiermee meer assimilerend vermogen hebben voor een gelijk aantal bloemtakken. Bij behandeling III zijn 2 i.p.v. 3 bloemtakken aangehouden. De hoeveelheid ingebogen hout is bij behandeling III gelijk aan deze bij behandeling I. Net als bij de eerste meetserie zien we dat het verwijderen van een grondscheut als resultaat geeft dan de overgebleven grondscheuten in ieder geval zwaarder en in dit geval ook langer zijn.

Ook hier lijken de gewasbehandelingen nauwelijks effect op de droge stof gehalten in het topblad en in het vijfde vijfblad te hebben.

Conclusies Teelt

De aangelegde behandelingen ten aanzien van gewasopbouw hebben zoals deels verwacht geresulteerd in verschillen in taklengte en takgewicht. De eerste serie laat vooral een verschil zien in vers takgewicht en minder in taklengte. Wanneer in vroeg stadium een grondscheut verwijderd wordt dan heeft dat bij de eerste snee geresulteerd in een hoger

takgewicht terwijl de taklengte ogenschijnlijk niet toeneemt. De behandeling waarbij een extra grondscheut ingebogen werd resulteerde niet aantoonbaar in een toename in taklengte of takgewicht. Waarschijnlijk is de grondscheut te kort voor het oogsten ingebogen waardoor hier geen meetbare effecten gevonden werden. Geen van de behandelingen in de eerste meetserie liet een effect zien ten aanzien van het droge stof percentage van de bladeren. De topbladeren vertonen steeds een hoger gehalte dan het vijfde vijfblad.

Bij de tweede meetserie lijken de gevolgen van de gewashandelingen op het gewas groter. Zowel taklengte als vers takgewicht zijn als gevolg van de behandelingen verschillend. Inbuigen van extra griffel gedurende de eerste snee gaf een langere en zwaardere tak in de daaropvolgende snee. Ook het aanhouden van minder grondscheuten (of het vroegtijdig verwijderen van een grondscheut) resulteerde in een zwaardere en langere resterende tak. Net als bij de eerste meetserie liet ook de tweede meetserie geen effect van de behandelingen op het droge stof percentage van het topblad en van het vijfde vijfblad zien. Het topblad had wel steeds een hoger droge stof percentage als het vijfde vijfblad.

5.2.2 Vitaliteits-sensor (growTechnology)

Meetsessie 1 (19 mei 2009)

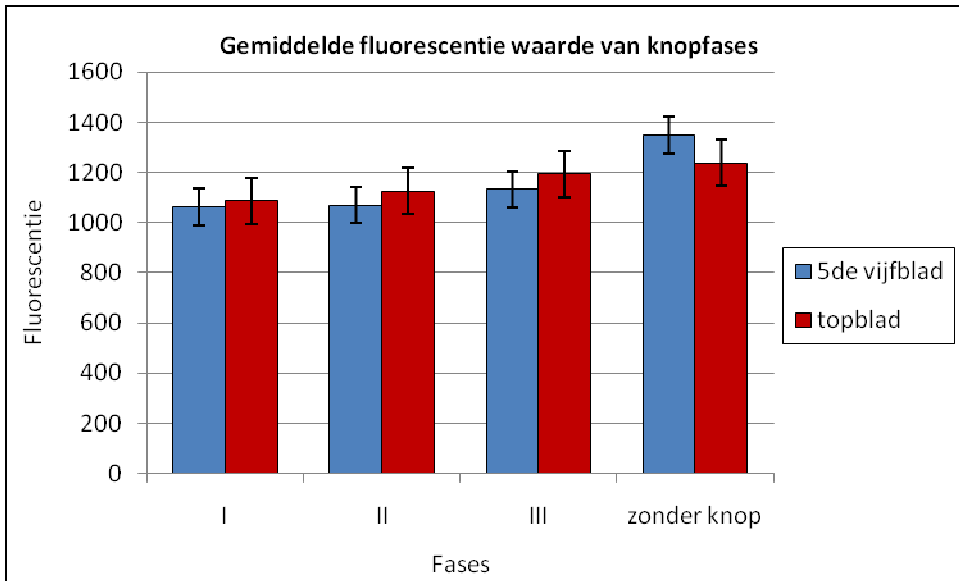
In de proef is met de "vitaliteits-sensor" gemeten aan het buitenste blad van het topblad en aan het buitenste blad van het vijfde vijfblad. De bloeiende takken zijn verdeeld in 3 categorieën te weten: knop dicht (I), knop half open (veiling klaar) (II) en helemaal open (III) (zie foto 2).



Foto 2. Fase I (links), fase II (midden) en fase III (rechts) van de knop

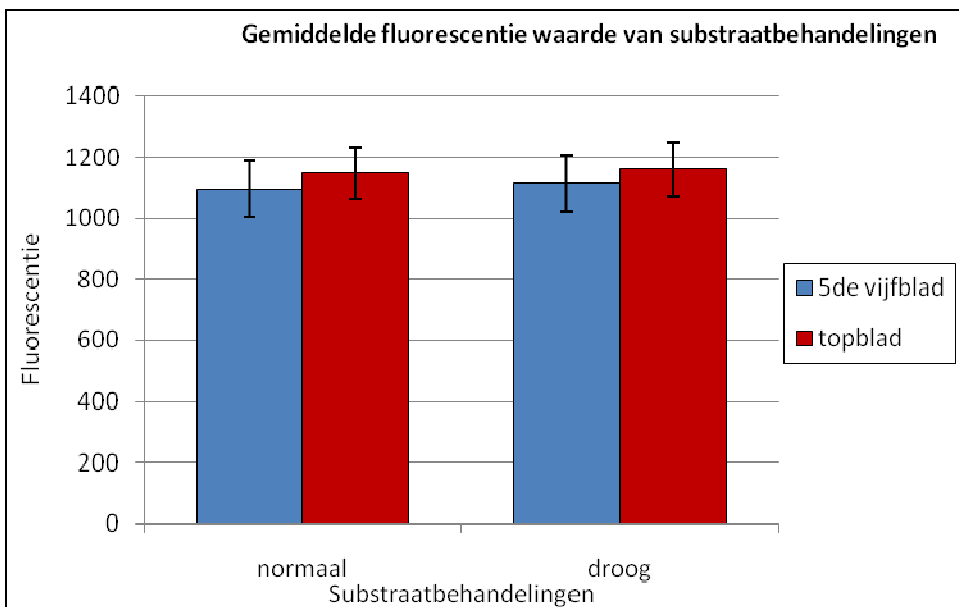
Tendens is dat hoe verder de bloem ontwikkeld is hoe hoger de fluorescentie waarde is (zie Grafiek 8). Daarnaast wordt er een hogere waarde gemeten op het vijfde blad t.o.v. het

topblad.



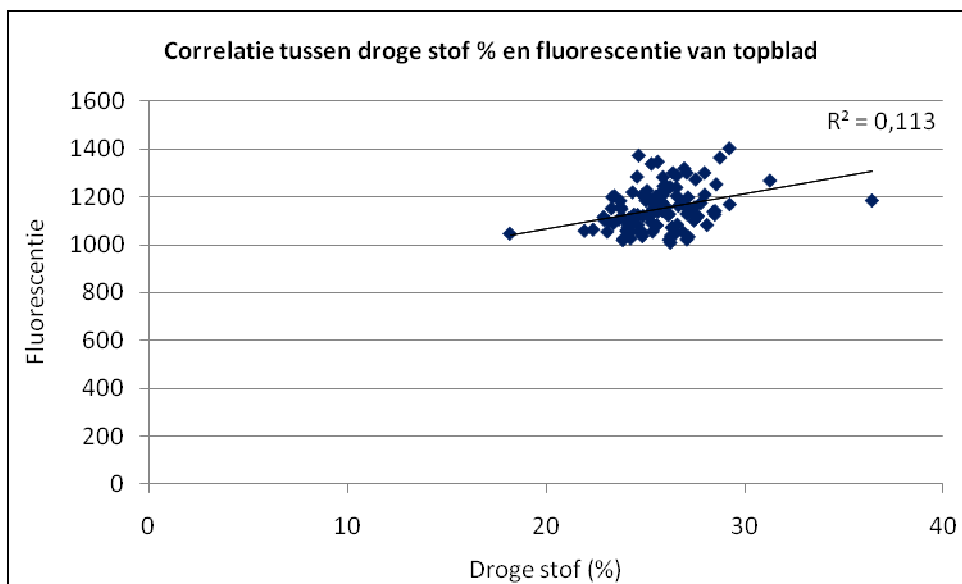
Grafiek 8. Fluorescentie waarde gemeten aan topblad en vijfde vijfblad in de verschillende knopfasen knop dicht (I), knop half open (veiling klaar)(II), helemaal open (III) en zonder knop.

Verschillen in fluorescentie waarde tussen droog (enkele dagen 30% vocht) en nat substraat (continu 70% vocht) waren, op beide hoogtes in de plant, zeer gering (zie Grafiek 9).



Grafiek 9. Fluorescentie waarde gemeten aan topblad en vijfde vijfblad in de verschillende substraatbehandelingen standaard (continu 70% vocht) en droog (enkele dagen 30% vocht).

In Grafiek 10 is het droge stof percentage uitgezet tegen fluorescentie waarde van het topblad. Hieruit is op te maken dat er geen correlatie ($R^2 = 0,113$) is tussen per percentage droge stof en de gemeten fluorescentie waarde. Een vergelijkbaar beeld geeft de zelfde analyse van het vijfde vijfblad (niet weergegeven, $R^2 = 0,020$). De droge stof metingen zijn door BLGG uitgevoerd op dezelfde bladeren als waar de fluorescentie metingen aan gedaan zijn.



Grafiek 10. Correlatie tussen drogestofgehalte en fluorescentie meting ($R^2 = 0,014$).

Meetsessie 2 (30 juni 2009)

De resultaten van de tweede meetsessie staan weergegeven in Tabel 1. De metingen aan de topbladeren zijn in alle behandelingen significant hoger dan de metingen aan de vijfde vijfbladeren. Binnen de behandelingen kunnen echter geen verschillen aangetoond worden tussen de topbladeren onderling en tussen de vijfbladeren onderling.

	Fase I		Fase II		Fase III	
	droog	standaard	droog	standaard	droog	standaard
Lengte (cm)	67,7	69,0	72,7	72,9	73,4	73,0
Versgewicht (g)	50,2	53,8	56,8	62,1	61,1	67,9
Drogestof (%) topblad	0,26	0,26	0,27	0,26	0,27	0,27
Drogestof (%) vijfblad	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24

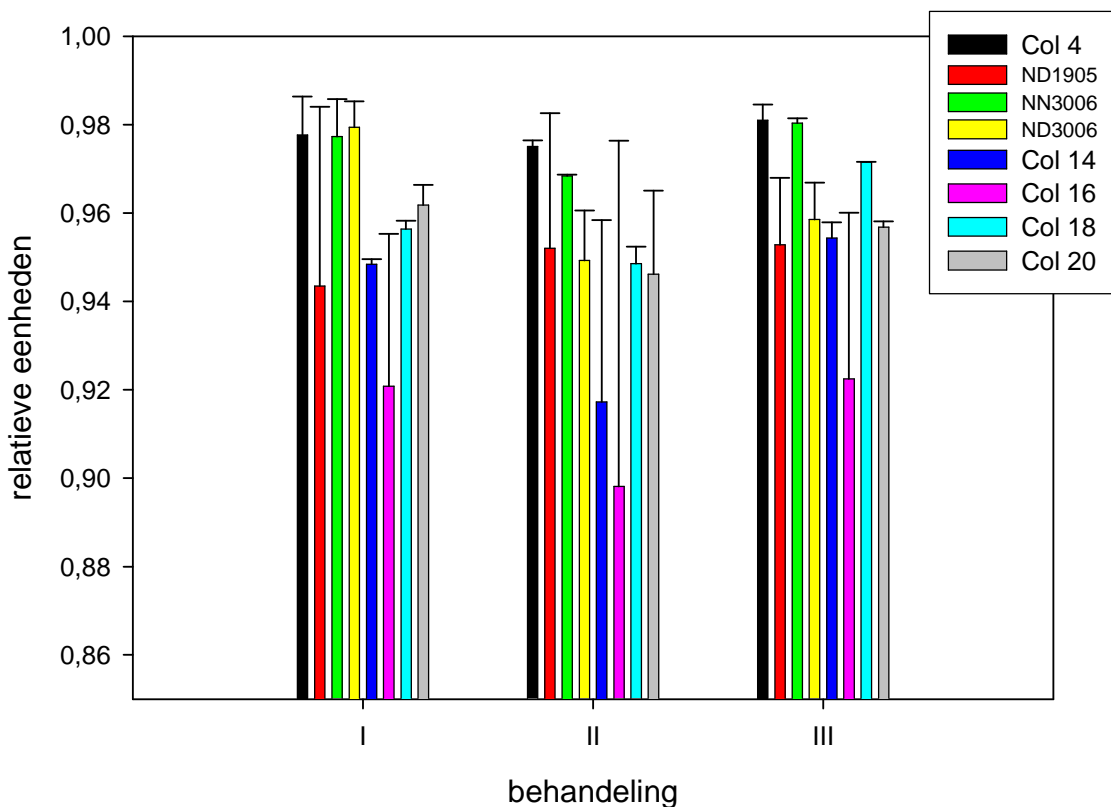
Tabel 1. Overzicht van de verschillende plantmetingen bij de drie verschillende fases (I = knop dicht, II = knop half open (veiling klaar) en III = helemaal open) en beide matbehandelingen (droog = enkele dagen 30% vocht en standaard = continu 70% vocht).

5.2.3 Fluorescence Imaging System FIS (Universiteit Hasselt)

Proefopzet: 2 waterregimes ('normaal' en 'droog'), 3 behandelingen (I: normale groei, II: extra grondscheut, III: grondscheut verwijderd). Er werd gemeten op 2 dagen (19/05 en 30/06) en op twee bladeren, het 3-tallig top blad en het vijfde 5-tallig blad. Per repetitie werden 10 planten gemeten.

Resultaat: er kan met de fluorescentieparameter, $(F' - F_s)/F'_m$ - mediaan, een goed onderscheid gemaakt worden tussen normaal waterregime en droogtestress binnen iedere behandeling en op de twee meetdagen. Er is tevens een onderscheid in de waarde van de $(F' - F_s)/F'_m$ - mediaan tussen het 3-tallig en 5-tallig blad. De vergelijking van de behandelingen (I, II en III) onderling toont aan dat ook hier een discriminatie kan vastgesteld worden door middel van de $(F' - F_s)/F'_m$ - mediaan parameter. De variatie binnen een repetitie en tussen de repetities is nog vrij hoog, de trends die worden waargenomen dienen bevestigd te worden.

Roos: $(F'_m - F_s)/F'_m$, mediaan
 19052009 - 30062009; NN = normaal, ND = droog
 I: normaal; II: extra grondscheut; III: grondscheut verwijderd



Opm.: col 4 = NN1905; col 14 = NN1905; col 16 = ND1905; col 18 = NN 3006; col 20 = ND3006

Binnen behandeling: 4 eerste balkjes: 3-tallig blad; 4 laatste balkjes: 5-tallig blad.

Fig.2: Roos, histogram analyse van de Genty-parameter, $(F'_m - F_s)/F'_m$. In de figuur wordt alleen de mediaan van het histogram weergegeven.

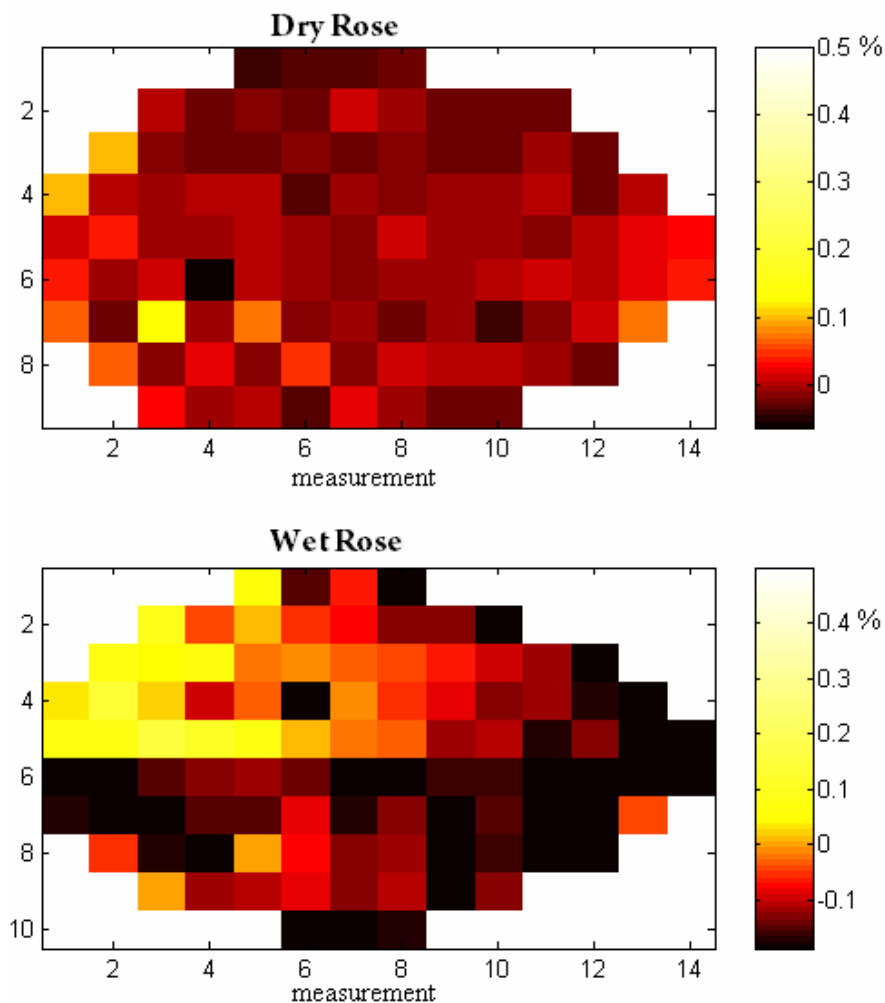
5.2.4 (Fluorescence) Differential Pathlength Spectroscopy (F)DPS (Luminostix/ErasmusMC)

De metingen werden uitgevoerd op bladeren van rozenplanten. De belangrijkste analyse van de gegevens zijn weergegeven in de grafieken in Bijlage 2. Omdat er nog niet bekend is welke stoffen in een plant verantwoordelijk zijn voor plantgezondheid is er gekeken naar correlatie tussen de behandelingen. Als de punten in een grafiek twee verschillende clusters vormen worden dan verschillen de gegevens significant van elkaar en dat zou bewijzen dat DPS een techniek is dat geschikt is voor het meten van deze verschillende omstandigheden.

De ervaring bij de meetsessie van tomaat heeft de indruk gegeven dat er veel variatie per plant en mogelijk ook blad en positie in het blad aanwezig is, om die reden zijn de metingen bij Roos ook meer gefocussed op 'optimalisatie'/verkenning van de juiste meettechniek.

Variatie in een punt van een blad

Een aantal van de metingen werden uitgevoerd op twee rozen om een idee te krijgen van variatie in de metingen. Hiervoor is een grid gemaakt zodat voor elke set metingen de plaatsing van de sonde op het blad was gelijk zou zijn. De maximale afwijkingen worden afgeleid van de metingen (zie onderstaand figuur). Dus de positie van de meetsonde op het blad is een belangrijk punt om rekening mee te houden in de vervolg metingen.



Invloed van de achtergrond

In eerdere metingen bleek dat de metingen werden beïnvloed door de achtergrond.

Voor het onderzoek naar dit effect worden gemeten bij drie verschillende achtergronden: een zwarte (Spectralon Labsphere SRS-99), een grijze (Spectralon Labsphere SRS-50) en een witte ((Spectralon Labsphere SRS-02) achtergrond. Elke meting bestaat uit een reeks van metingen op een punt van een blad met wisselende achtergronden.

Het effect van de achtergrond wordt duidelijk als de intensiteit toeneemt met een lichtere achtergrond.

Concluderend: de achtergrond heeft invloed op de gemeten spectra, dus in de volgende metingen is gekozen om consequent gebruik te maken van een zwarte achtergrond om dit effect te elimineren.

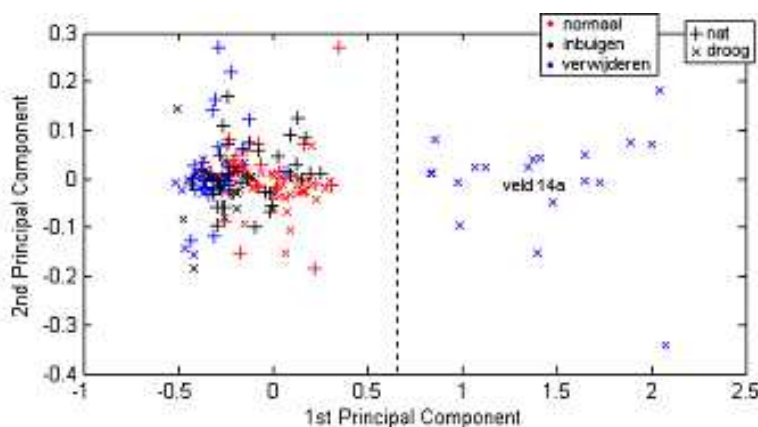
Plaatsing sensor op de plant

Tweeëntwintig bloemblaadjes van een roos worden gemeten om te zien hoe de metingen variëren. Het verschil tussen verstrooiing en reflectie worden berekend, want dit is een goede maat voor de variatie in de metingen.

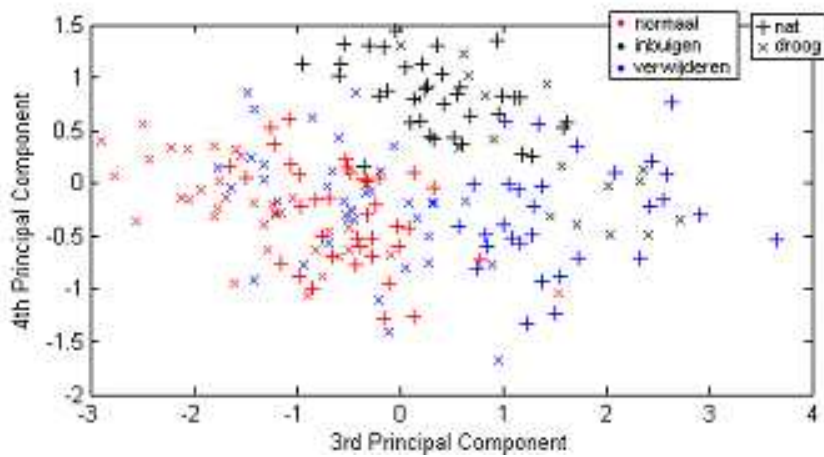
Vooraf de absorptie in de bovenste bladeren wijkt af van de rest van de metingen (lagere bladeren). Een hypothese van de oorzaak zou zijn van het feit dat de bovenste bladeren nog niet volledig volgroeid zijn en dat dit resulteert in een hogere absorptie. Zelfs in de lagere regionen van de plant waar voornamelijk volgroeide bladeren te zien zijn, zijn verschillen in de metingen waarneembaar. De geeft als conclusie dat in de toekomst de plaats van het blad zorgvuldig gekozen moet worden en bijvoorkeur volgroeide bladeren gebruikt worden.

Metingen van Roos met (F)DPS

Met inachtneming van bovenstaande waarnemingen betreffende uitvoering en optimalisatie van de techniek zijn de metingen aan de rozenplanten uitgevoerd. De rozenplanten van de verschillende watergift (nat en droog) regimes en gewasbehandeling (normaal, inbuigen en scheut verwijderen) zijn doorgemeten met de (F)DPS methode. Twee rozen, waarvan één blad per roos, van elke behandeling zijn doorgemeten.



Grafiek 11 : Data van de Principal Component Analyse van de fluorescentie spectra



Grafiek 12 Data van de Principal Component Analyse van de fluorescentie spectra

Er is een duidelijk verschil in de verschillende spectra waarneembaar tussen de verschillende behandelingen en de 'droge' en 'natte' planten. De DPS methode lijkt dus bruikbaar voor de analyse.

5.3 Chrysant

5.3.1 Plantwaarnemingen

De sensor analyses zijn uitgevoerd door experts en individueel geanalyseerd. In de planten is aangetoond met diagnostische toetsen dat de planteen daadwerkelijk geïnfecteerd zijn met de ziekte. Met name voor met visueel moeilijk waarneembare stunt viroïde is dat noodzakelijk.

In het vervolg is het wenselijk om een soortgelijk experiment uit te voeren op latent geïnfecteerde planten (of zeer vroege infecties), want dat is hoe het relevant zal zijn in de praktijk

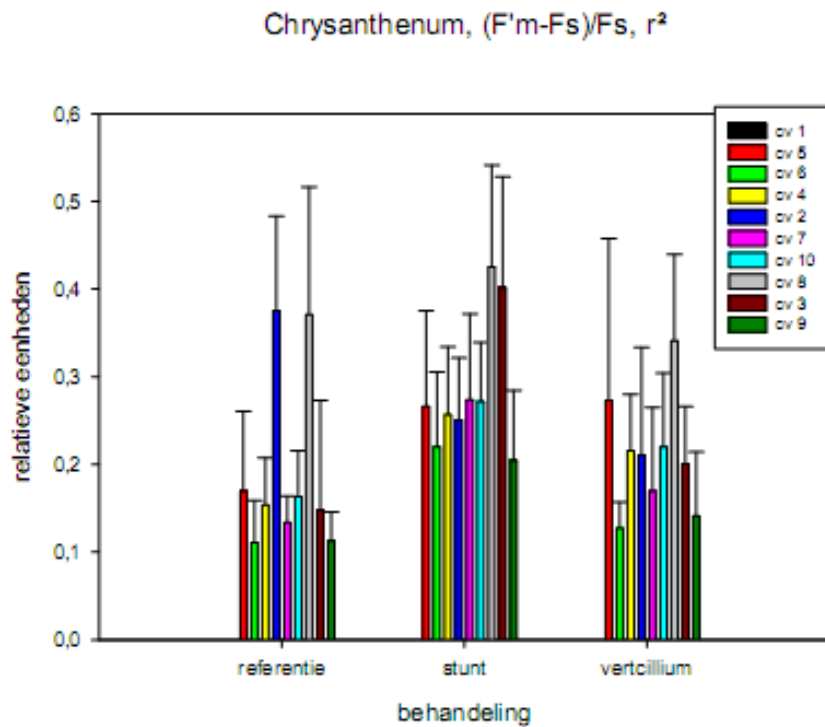
5.3.2 Fluorescence Imaging System (FIS) (Universiteit Hasselt)

Proefopzet: vroegtijdige detectie van infectie door stuntvirus en *Verticillium* (schimmel). Er werden 10 cultivars gemeten, 3 behandelingen: een controle reeks, een reeks geïnfecteerd met het stuntvirus en een reeks geïnfecteerd met *Verticillium*. De 5de scheut vanaf de top werd gemeten.

Resultaat: hier wordt een andere parameter de analyse van het histogram weergegeven, namelijk r^2 (correlatie tussen reële verdeling pixels en de theoretische normaalverdeling).

Een eerste belangrijke vaststelling is dat met deze parameter de 9 cultivars in drie subgroepen kunnen onderverdeeld worden, één cultivar vormt een '4de' groep. Ten tweede: in twee van de drie subgroepen resulteert de impact van de infectie met het stunt virus in een toename in r^2 , in de derde groep resulteert dit in een daling. Er is één cultivar (4de groep) waarop de virusinfectie geen impact heeft. Ten derde, de infectie met *Verticillium* resulteert in een ander patroon, de cultivars kunnen in andere klassen onderverdeeld worden. Hier heeft de infectie geen impact op de fluorescentieparameter r^2 bij 3 van de 10 cultivars.

Algemeen kan hier geconcludeerd worden dat de parameter r^2 van de analyse van het histogram van de fluorescentiebeelden een goed discriminerend vermogen oplevert tussen enerzijds groepen van cultivars en anderzijds de impact van stunt en *Verticillium* waarbij ook kan gediscrimineerd worden tussen stunt en *Verticillium* (ten opzichte van de referentie en onderling) bij sommige cultivars.



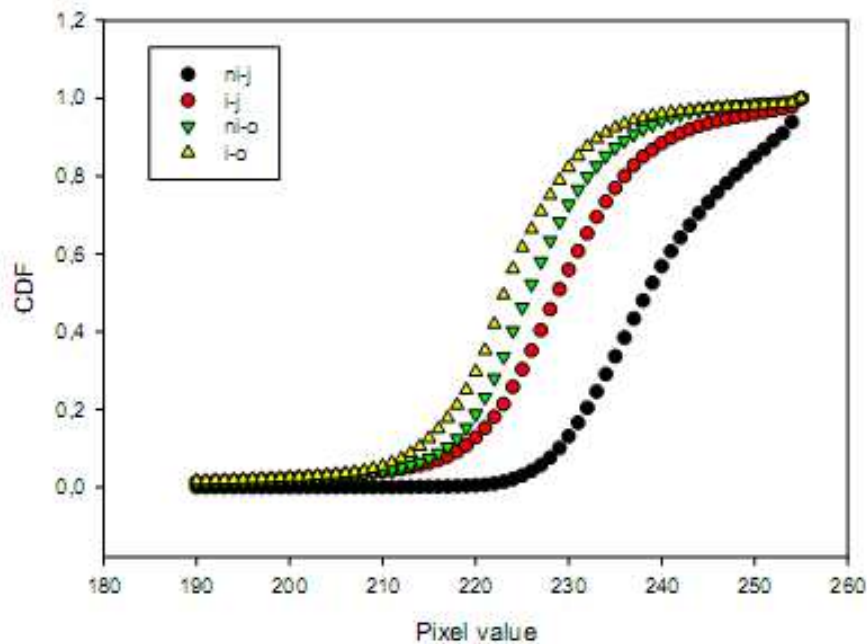
Figuur 3: *Chrysanthemum*, histogram analyse van de Genty-parameter, $(F'm-Fs)/F'm$. In de figuur wordt alleen de r^2 (correlatie tussen reële verdeling pixels en de theoretische normaalverdeling) van het histogram weergegeven.

Op 30-10-2009 werd een tweede en op 20-01-2010 een derde meetcampagne uitgevoerd. Hier werden niet-geïnfecteerde planten en planten geïnfecteerd met stuntvirus gemeten.

Resultaat: hier wordt nu de zgn. CDF-curve weergegeven. CDF staat voor cumulatieve distributie functie en is de grafische voorstelling van de procentuele verdeling van de pixelwaarde. In de x-as de pixelwaarde, in de y-as het procentueel aandeel (dit is een andere voorstelling van een genormaliseerd histogram).

In figuur 4 wordt het resultaat weergegeven van één cultivar. Algemeen geldt dat er een duidelijk onderscheid kan gemaakt worden tussen enerzijds een jong en een oud niet-geïnfecteerd blad enerzijds en tussen een niet-geïnfecteerd en een geïnfecteerd blad. Deze waarneming geldt voor alle onderzochte cultivars waarbij wel dient opgemerkt dat het onderscheid jong blad – oud blad en niet-geïnfecteerd – geïnfecteerd wel cultivar afhankelijk is.

CV 1, CDF-curve, $(F'm-Fs)/F'm$



Figuur 4: *Chrysanthemum*, histogram analyse van de Genty-parameter, $(F'm-Fs)/F'm$: procentuele verdeling van de pixelwaarde van de gecorrigeerde fluorescentiebeelden; (ni = niet geïnfecteerd; i = geïnfecteerd; j = jong; o = oud blad)

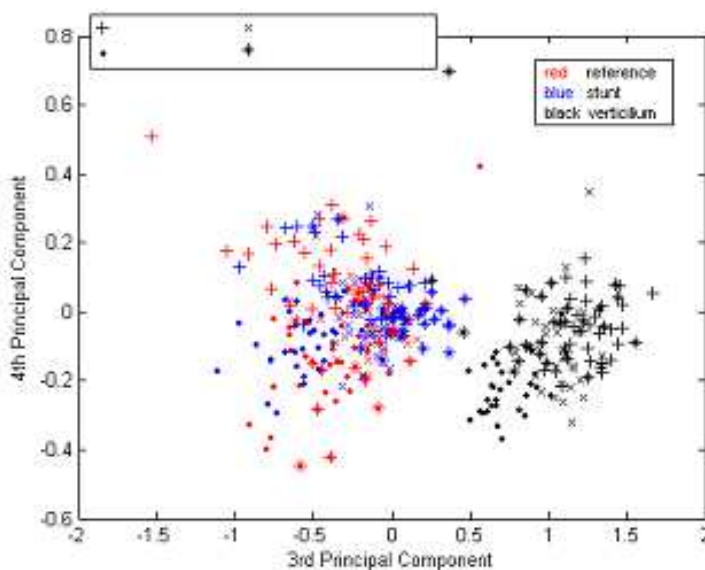
Conclusie: de fluorescentie beeldanalyse methode laat toe op een niet destructieve wijze de impact van een aantal milieuvariabelen op de fysiologische toestand van de plant, gemeten als een wijziging in de fotosynthesecapaciteit, in te schatten. In de drie proefopstellingen (tomaat, roos en chrysant) kan er gediscrimineerd worden tussen de controle en de behandeling. Er worden meerdere fluorescentieparameters onderzocht, in dit verslag zijn er twee vermeld, in het bijzonder de 'mediaan' en 'r²' uit de analyse van het histogram van de beelden van de 'Genty-parameter, $(F' - Fs)/F'm$ '. De resultaten tonen aan dat de fluorescentie beeldanalyse methode als sensor een waardevolle rol kan spelen in de bepaling van de vitaliteit van de plant de impact van milieufactoren hierop.

5.3.3 (Fluorescence) Differential Pathlength Spectroscopy (F)DPS (Luminostix/Erasmus MC)

De eerste metingen in een kas werden uitgevoerd op bladeren van chrysanten. De belangrijkste analyse van de gegevens zijn weergegeven in de grafieken in bijlage 2. Omdat er nog niet bekend is welke stoffen in een plant verantwoordelijk zijn voor vitaliteit/plantgezondheid is er gekeken naar correlatie tussen de behandelingen. Als de punten in een grafiek twee verschillende clusters vormen worden dan verschillen de gegevens significant van elkaar en dat zou bewijzen dat DPS een techniek is dat geschikt is voor het meten van deze verschillende omstandigheden.

Van 10 verschillende chrysanten rassen zijn twee verschillende behandelingen doorgemeten en onbehandelde planten. Voor de behandelingen wordt een deel van de planten besmet met een viroïde genaamd Stunt en een ander deel met de bodemschimmel *Verticilium*. De vraag is of de metingen een verschil kan aangeven tussen de referentie en de geïnfecteerde planten.

In de kas werden twee planten per behandeling gemeten en van elke plant één blad. De metingen op het blad bestond uit negen metingen van onder naar boven en zes metingen van links naar rechts van het blad. In de onderstaande figuur is de analyse van de data weergegeven.



Grafiek 13: Grafische weergave van de 3rd en 4e PC van de fluorescentie van chrysanthemum bladeren. De verschillende symbolen geven verschillende cultivars aan (1 = +, 2 = x, 3 = ., 4 = *). De kleuren geven de behandeling aan (rood = referentie, blauw = stunt, zwart = verticilium).

Er is een duidelijk verschil te zien tussen de referentie (onbehandeld) en de chrysanten die geïnfecteerd zijn met *Verticilium*. Dit geeft aan dat de planten een sterke reactie vertonen op de schimmel.

Het verschil tussen de referentie en stunt is niet significant. Maar er zijn wel verschillen gemeten tussen planten onderling. In de huidige praktijk wordt stunt besmetting visueel door de teeltbegeleider bepaald. Dit is een zeer moeilijk te waarnemen beeld gebaseerd op uiterlijke kenmerken van de plant; aantal vertakkingen, hoogte, bladgrootte en blad kleur.

Voor de stunt viroïde een verschil was zichtbaar in de 4e PC analyse. Dit zijn verschillende manieren van statische data verwerking. Echter het verschil in de gemeten data is mogelijk niet het viroïde zelf, maar het effect dat het viroïde heeft op de plant.

Er lijkt in het spectra chlorofyl a of b te kunnen onderscheiden, maar het kan ook een andere verschuiving zijn in het spectrum dat het verschil aangeeft. Dit geeft de gevoeligheid aan van het gebruik van Principal Component Analyse; je kan veel verschillen meten en aantonen, maar niet alles is significant of gerelateerd aan de oorzaak. Daarom is het belangrijk om na te gaan welke componenten (parameters) verantwoordelijk zijn voor de te meten stress/behandeling en die uit de data te analyseren. Er ontstaat dan een gerichte analyse en niet alleen een vergelijking. Dit is voor plant weefsel nu nog niet mogelijk.

Meer onderzoek moet worden uitgevoerd in de spectra van planten zodat verschillende parameters kunnen worden geïdentificeerd die gerelateerd kunnen worden aan de infectie (ziekte) die een plant heeft.

Het is duidelijk dat (F)DPS verschillen kan meten in verschillend behandelde planten. Echter de accuraatheid van de metingen moet hoger worden.

6. CONCLUSIE EN VERVOLG

Tomaat: plantbelasting en droogtestress; visuele waarneming en destructieve drogestof bepaling (R. Kaarsemaker (GAC) en P. Klapwijk (GreenQ))

Kopdikte en strekking van bladeren en de stengel zijn beïnvloed door plantbelasting en watergift. Als resultaat daarvan wordt een drogestofgehalte gevonden. Bij interpretatie van meetgegevens spelen fysieke plantkenmerken als kopdikte, blad en stengelstrekking een bepalende rol.

De destructieve droge stof meting in combinatie met de gewasregistratie geven een beter inzicht in de ontwikkeling van het gewas. Met name het aspect assimilaten verdeling, wordt beter inzichtelijk door naast de standaard gewasregistratie het drogestof gehalte van het blad te monitoren. Door de extra informatie verkregen uit de droge stof metingen wordt de balans ontwikkeling van de plant generatief- vegetatief en assimilaten overschot c.q. te kort beter in beeld gebracht.

De informatie die deze metingen geven is objectief en dat is waardevol bij het goed beoordelen van planten, wat tot op heden alleen nog maar visueel gebeurt onder steunt door meting van de diameter van de kop, lengte van het blad, lengte van de stengel en gewaskleur. In het teeltproces van tomaten spelen deze gewasbeoordelingen een belangrijke rol, immers aan de hand van deze beoordelingen wordt de klimaatcomputer ingesteld en worden keuzes gemaakt of er danwel meer richting vrucht of meer richting gewas gestuurd gaat worden. Deze gewasbeoordelingen zijn een zwakke plek in het teeltproces omdat er veel subjectieve elementen in zitten.

Samenvattend

- Drogestofgehalte in de stengel zegt iets over de inhoud c.q. generativiteit van een plant.
- Een overschot aan assimilaten leidt niet altijd tot een hoger drogestofgehalte.
- Voor interpretatie van de "plantinhoud" is aanvullende informatie over sink/source verhouding belangrijk.
- Een objectieve bepaling van de plantinhoud heeft duidelijk meerwaarde voor de interpretatie van plantwaarnemingen in de praktijk zoals:
 - Stengeldikte
 - Bladlengte
 - Bloeisnelheid
 - plantbelasting
- Een meetmethode waarbij een relatie aangetoond kan worden met het drogestofgehalte in het blad lijkt het meeste perspectief te bieden.

Roos; gewasopbouw en droogtestress: visuele waarneming en destructieve drogestof bepaling (J. Wubben, Blgg)

De aangelegde behandelingen ten aanzien van gewasopbouw hebben zoals deels verwacht geresulteerd in verschillen in taklengte en takgewicht.

Wanneer in vroeg stadium een grondscheut verwijderd wordt dan heeft dat bij de eerste snee geresulteerd in een hoger takgewicht terwijl de taklengte ogenschijnlijk niet toeneemt. De gevolgen van de gewashandelingen zijn gedurende de teelt sterker waarneembaar. Zowel taklengte als vers takgewicht zijn als gevolg van de behandelingen verschillend.

Inbuigen van extra griffel gedurende de eerste snee gaf een langere en zwaardere tak in de daaropvolgende snee. Ook het aanhouden van minder grondscheuten (of het vroegtijdig verwijderen van een grondscheut) resulteerde in een zwaardere en langere resterende tak. Er is echter geen effect waargenomen van de behandelingen op het droge stof percentage van het topblad en van het vijfde vijfblad. Het topblad had wel steeds een hoger droge stof percentage als het vijfde vijfblad. Mogelijk dat de aangelegde condities niet 'extreem' genoeg waren om een significant verschil te zien.

Chrysan (A. Post/M. Owona, Deliflor)

De sensor aanpak voor de diagnose van stunt (CSVd) heeft een goede kans. De sensor analyses zijn uitgevoerd door experts en individueel geanalyseerd. Echter het statistisch aspect (datamanagement) die geacht wordt de verschillende sensor data te transformeren tot diagnose informatie is achtergebleven. Nu duidelijk is dat de verschillende sensortechnieken kans bieden zal er in een vervolgonderzoek meer aandacht worden besteed aan datamanagement, om te komen tot de ontwikkeling van een multi-sensor systeem dat de basis kan leggen voor een sensor voor vroegtijdige diagnostische analyse. Hiervoor is het noodzakelijk om een werkbaar model te ontwikkelen om de sensor metingen om te zetten naar diagnostische informatie.

In het hier gerapporteerde project zijn de sensor analyses uitgevoerd met bekende zieke planten waarin de CSVd infectie goed is gevestigd. In het vervolg is het wenselijk om een soortgelijk experiment uit te voeren op latent geïnfecteerde planten (of zeer vroege infecties), want dat is hoe het relevant zal zijn in de praktijk

Fluorescence Imaging System (FIS) (Prof. R. Valcke, Universiteit Hasselt)

De fluorescentie beeldanalyse methode laat toe op een niet-destructieve wijze de impact van een aantal omgevingsfactoren (droogtestress en gewasbehandeling of ziekteresistentie) op de fysiologische toestand van de plant, gemeten als een wijziging in de fotosynthesecapaciteit, in te schatten. In de drie proefopstellingen (tomaat, roos en chrysan) kan er gediscrimineerd worden tussen de controle en de behandeling. Er worden meerdere fluorescentieparameters onderzocht, in dit verslag zijn er twee vermeld, in het

bijzonder de 'mediaan' en 'r²' uit de analyse van het histogram van de beelden van de 'Genty-parameter, $(F' - F_s)/F'm$. De resultaten tonen aan dat de **fluorescentie beeldanalyse methode als sensor een waardevolle rol kan spelen in de bepaling van de vitaliteit van de plant en de impact van omgevingsfactoren hierop.**

Vitaliteits-sensor (A. Blaakmeer, growTechnology)

Er kunnen geen correlaties gevonden worden tussen de meetwaarde van de "vitaliteits-sensor" en de destructieve droge stofgehaltenes.

Bij tomaat kon er wel **significante verschillen** gemeten worden **tussen de verschillende behandelingen**. Op het droge substraat (enkele dagen slechts 30% vocht) is de standaard behandeling (6 vruchten en drie bladeren) significant lager dan de andere twee behandelingen (3 bladeren met 3 vruchten en 1,5 blad met 6 vruchten).

In de standaard behandeling kan ook onderscheid gemaakt worden tussen droog en standaard substraat (continu 70% vocht). De bladsnoei behandeling (1,5 blad met 6 vruchten) op standaard substraat is significant lager dan de andere twee behandelingen op standaard substraat.

Bij roos kon er ook geen correlatie gevonden worden tussen het droge stof percentage en de meetwaarde van de "vitaliteits-sensor". De topbladeren (buitenste blaadje topblad) tussen de verschillende behandelingen waren niet significant verschillend van elkaar. Ook waren de vijfbladen (buitenste blaadje vijfde vijfblad) van de verschillende behandelingen niet significant verschillend van elkaar. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door de grote variatie tussen de planten als gevolg van de kleine kasruimte. Echter in alle behandelingen zijn de meetwaardes van de topbladeren significant hoger dan de meetwaardes van het vijfblad.

(Fluorescence) Differential Pathlength Spectroscopy ((F)DPS) (W. Sjoerdsma Luminostix/ErasmusMC)

Om de vitaliteit van planten tijdens de groei te kunnen voorspellen zijn op de bladeren van planten metingen. Waarbij, door het signaal uit twee glasvezels van elkaar af te trekken, een oppervlakte meting gedaan kan worden. Deze metingen zijn met een zwarte achtergrond gedaan. De metingen beïnvloeden de meting zelf met het licht dat het uitzendt. Dit beïnvloedt de chlorofyl dus veel metingen op een punt werden vermeden. Omdat een kleine sonde van 400 µm wordt gebruikt, worden de metingen uitgevoerd op het hele blad (gebruik gemaakt van een vast grid). De spectra, waar vooral absorptie en fluorescentie te zien is, die uit deze metingen kwamen zijn geanalyseerd met Labview & PCA (Principal Component Analysis).

De eerste metingen in de kas werden gedaan op tomatenplant bladeren. Deze bladeren hebben een olieachtige laag (cuticula) op het oppervlak dat plakt aan de sonde en moet worden gereinigd met 70% alcohol. Voor tomaat is een duidelijk verschil te vinden, echter alleen als de gewasbehandelingen of droogtestress duidelijk aanwezig zijn in het gewas. In het begin van de teelt was wel verschil te zien, maar niet significant. Wanneer de behandeling langer werden aangehouden werden correlaties gemeten in een aantal van de componenten en in de helling van de reflectie. Maar er is geen duidelijk verschil gevonden in zowel de fluorescentie als de reflectie spectra.

Chrysanten planten waren geïnfecteerd met een viroïde 'stunt' en een schimmel *Verticilium*. Significante verschillen werden gevonden voor beide behandelingen, maar alleen de gegevens van de *Verticilium* leek overeen te komen met de vastgestelde gevoeligheid van de planten. Misschien door het meten op de stengel van een chrysant kan het verschil veroorzaakt door stunt worden aangetoond.

De rozen die werden gemeten in de kas toonde een reactie op hoe ze werden behandeld (inbuigen en takverwijderen). Er is geen duidelijk verschil gemeten tussen de rozen die droog of nat werden gehouden. Een raster meting werd uitgevoerd op rozen die droog en nat werden gehouden. Een verschil werd gevonden in de variatie van de fluorescentie van chlorofyl, de plant onder water stress toont minder variatie.

Er zijn veel metingen uitgevoerd en er kan met zekerheid gezegd worden dat de reactie van planten op verschillende behandelingen kan worden gemeten. Echter, de gemeten verschillen zijn niet erg groot en verschijnen alleen duidelijk wanneer de planten verwelken. Dit is niet interessant in praktijkbedrijven omdat de tuinders de veranderingen dan al visueel hebben gezien. Bovendien zijn de verschillen afkomstig van statistische analyses.

De berekende 'Principal Componenten Analyse' verschillen elke keer als de metingen worden gedaan. Door dit en de onbekende oorsprong van de belangrijkste componenten (inhoudstoffen) van de verschillende behandeling kunnen de metingen moeilijk worden gecorreleerd aan veranderingen in het blad. In de toekomst zal gebruik worden gemaakt van een Multi-variant statistische analyse techniek. Zodat de data van de reflectiespectra en de fluorescentiespectra samen geanalyseerd kunnen worden.

Er moet een fysiologisch plantmodel worden gecreëerd voor de te gemeten spectra. Met dit model kan dan een opgenomen spectra worden vergeleken op basis van verschillende parameters. Een fitprocedure op basis van een optisch model zou veel verbeteren omdat hier de verschillende biologische stoffen zoals chlorofyl die het spectrum beïnvloeden accuraat uitgehaald kunnen worden. Dit in navolging van het succes van de methode voor het discrimineren van kanker cellen van gezonde cellen op basis van bekende parameters als hemoglobine. Wanneer er meer bekend is over de betrokken inhoudstoffen kunnen de

gemeten verschillen worden verklaard. De techniek heeft dus potentie, maar verdere ontwikkeling van de probe, plantmodel en data analyse is noodzakelijk.

De geteste technieken lijken allemaal geschikt te zijn om externe stressfactoren te signaleren. Afhankelijk van de mate van 'rijpheid' van het systeem is de techniek op korte of lange termijn inzetbaar in de praktijk. Ook het moment van signalering is in sommige gevallen nog relatief laat om plantsturing mogelijk te maken.

Afhankelijk van de doelstelling van de gebruiker; veredeling → selectie, vermeerdering → kwaliteitscontrole, productie → teeltsturing, zal de introductie van elke techniek min of meer specifieke eisen hebben. De technieken worden op basis van de resultaten verder doorontwikkeld en in vervolgonderzoek worden de sensoren verder getest op grotere representatieve aantal planten.