
40 kg Paprika

Een project gefinancierd door het Productschap Tuinbouw
Projectnr. 13470

Bestaand uit de volgende onderdelen:

1. Een kasproef, waarin het doel was de productie te verhogen door een combinatie van maatregelen; diffuus glas, verneveling en gewashandelingen
2. Praktijktoeepassing en ontwikkeling van een plantmodel dat zetting voorspelt
3. Toetsing van een nieuwe methode om beschikbaarheid van assimilaten voor zetting te meten

Barbara Eveleens¹, Peter Lagas¹, Steven Driever¹, Jeroen Zwinkels², Jaap Bij de Vaate², Ruud Kaarsemaker³

¹ Wageningen UR Glastuinbouw

² DLV Plant BV

³ Groen Agro Control

Samenvatting

Paprikatelers hebben geconstateerd dat in de afgelopen decennia de productie van veel gewassen, bv. tomaat, fors is verhoogd onder invloed van betere techniek en kennis, maar dat die van (gekleurde) paprika is blijven steken bij ca. 30-32 kg/m². In een teeltproef bij WUR Glastuinbouw is in een proefkas met een combinatie van technieken en maatregelen een meerproductie van 11% gerealiseerd. Luchtbevochtiging gaf een waarschijnlijke meerproductie van ca. 5% door hogere CO₂-concentraties. Diffuus glas heeft waarschijnlijk nog eens ca. 5% meerproductie opgeleverd. De invloed van andere maatregelen was marginaal. DLV Plant heeft bij een drietal telers een plantmodel van WUR toegepast, om groeifactoren optimaal op elkaar en het gewas af te stemmen en daarmee productie onder gegeven omstandigheden te optimaliseren. Het model is interactief gemaakt en verder aangepast aan de teeltpraktijk. Telers die het model hebben toegepast zien meerwaarde in het model voor hun bedrijfsvoering. Groen Agro Control heeft Brix-meting aan bladsteeltjes getoetst op de mogelijkheid om de kans op zetting te voorspellen. In combinatie met klimaatgegevens en bladgrootte in de kop van het gewas bleek dat mogelijk.

Teeltproef met o.a. luchtbevochtiging en diffuus glas

Bij WUR Glastuinbouw in Bleiswijk zijn twee kassen ingericht; één proefkas met een combinatie van diffuus glas, luchtbevochtiging en luchtbeweging (Nivolator) en één referentiekas met gangbaar glas zonder luchtbevochtiging en luchtbeweging. In de proefkas waren er twee gewasdraden. Hiermee kon een totaalsysteem waarbij meerdere factoren tegelijk zijn geoptimaliseerd, vergeleken worden met een referentieteelt met één gewasdraad. Binnen beide kassen zijn extra behandelingen uitgevoerd, waarbij zijscheuten geheel werden weggenomen of alleen werden getopt.

De planten (cv. 'Ferrari') zijn in week 52 2008 geplant op 6,7 stengels/m². De totaalproductie (tot en met week 45), voor het gewas waarin zijscheuten werden getopt, was in de proefkas ca. 31,5 kg/m². Dit was ongeveer 11% hoger dan in de referentiekas. Bij de start van de teelt is in de proefkas een kleine achterstand geweest in zetting, die vanaf week 20 volledig werd ingehaald. Vanaf week 29 is er een hogere productie in de proefkas. De achterstand was waarschijnlijk te wijten aan de nachtelijke toepassing van de Nivolator onder een dicht scherm, waardoor warme lucht naar de koppen van de planten werd getrokken en de koptemperatuur tot een graad hoger was.

In beide kassen is tijdens de zomerperiode niet geschermd en er is gebruik gemaakt van verneveling in de proefkas. Vanaf eind juni tot eind september is in de proefkas de luchtlijn hoger gezet om de luchtvochtigheid op peil te houden. In de ochtend is gelucht op 23,5 °C en in de referentiekas op 22 °C. In de namiddag ging de luchtlijn in de proefkas naar 27 °C en de luchtlijn in de referentiekas naar 26 °C. Het etmaalgemiddelde in de proefkas was bijna 0,5 °C hoger met een hogere luchtvochtigheid en CO₂-niveau, waarbij de gewasverdamping 30% lager was. Het toppen op één blad, zoals dat in de praktijk gebruikelijk is, gaf 12% meer kilo's met gelijk vruchtgewicht ten opzichte van het geheel wegnemen van de zijscheuten.

(vervolg samenvatting)

Plantmodel geeft meer inzicht in kans op zetting

De gewasregistratie- en klimaatgegevens van een drietal telers van gekleurde paprika zijn vrijwel wekelijks verwerkt door een plantmodel voor paprika, dat een prognose leverde van de zetting. Belangrijke verbeterstappen van het model zijn o.a. gemaakt in de ijking op het bedrijf resp. gewas en in de interactiviteit van het model. In aanvang leverde het model starre grafieken van een prognose; na enkele maanden was het mogelijk dat de teler met de begeleidende adviseur interactief klimaatscenario's doorrekende. Het model verleent inzicht in de invloed van temperatuur, licht en CO₂ op de hoeveelheid en het moment van zetting. De telers wilden na dit project doorgaan met het plantmodel.

Brix-meting kan bijdragen aan zettingsvoorspelling

Er is gezocht naar een eenvoudige, niet destructieve methode om te bepalen in welke mate een paprikagewas assimilaten beschikbaar heeft voor zetting. Op drie bedrijven zijn in totaal ca. 220 variabelen van 595 paprikastengels zijn vastgelegd. Door destructieve bemonstering is de verdeling van de beschikbare suikers en de vraag naar suikers van de uitgroeiende vruchten op verschillende hoogten aan de plant vastgesteld. De resultaten zijn gebruikt om de samenhang tussen vraag en aanbod van assimilaten met meetbare grootheden te zoeken.

Het Brix-getal in de bladstelen van nodium 5,8 en 11 geeft een indicatie van het aanbod van assimilaten in de bovenste drie nodia van het gewas. Het aanbod van assimilaten bestaat daarbij uit het gemeten drogestofgehalte en het Brix-getal in nodium 2 en de berekende aanmaak van suikers. De aanmaak van suikers is berekend op basis van het opgevangen licht door de bladeren van nodia 1 t/m 3 en de gerealiseerde klimaatcondities.

De betrouwbaarheid van een zettingsvoorspelling met behulp van Brix-meting zal moeten worden getoetst aan een nieuwe dataset, evenals de bruikbaarheid en kwaliteit ten opzichte van de gangbare methoden.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

DLV Plant

Adres : Agro Business Park 65, Wageningen
: Postbus 7001, 6700 CA Wageningen
Tel. : 0317 - 491578
Fax : 0317 - 460400
E-mail : info@dlvplant.nl
Internet : www.dlvplant.nl

Groen Agro Control

Adres : Distributieweg 1, 2645 EG Delfgauw
: Postbus 549, 2600 AM Delft
Tel. : 015 257 25 11
Fax : 015 257 25 22
E-mail : info@agrocontrol.nl
Internet : www.agrocontrol.nl

© 2010 Wageningen, DLV Plant; Wageningen UR Glastuinbouw; Groen Agro Control
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 de auteurs of financier.

Inhoudsopgave

	pagina
1 Algemene inleiding	1
Onderdeel 1: kasproeven bij WUR Glastuinbouw.	3
2 Inleiding Kasproef	4
2.1 Doelstellingen	4
2.2 Achtergrond	4
Combinatie van factoren	5
3 Materiaal en methoden	6
3.1 Proefopzet	6
4 Resultaten	8
4.1 Verloop van de teelt	8
4.2 Gerealiseerd Klimaat	8
4.2.1 Temperatuur in de kas	8
4.2.2 CO ₂ -niveau	8
4.2.3 Relatieve luchtvochtigheid en vochtdeficiet	9
4.2.4 Planttemperatuur - tijdens de nacht	9
4.2.5 Licht in de kas	10
4.3 Gewasmetingen	11
4.3.1 Zetting, productie en vruchtgewicht	11
4.3.2 Productie overzicht	12
4.4 Gewasprocessen	13
5 Discussie	14
5.1 Kasinrichting	14
5.2 Gewashandelingen en praktijkreferentie	16
5.3 Invloed van de verschillende proeffactoren	17
6 Conclusies	18
Onderdeel 2. Teeltbegeleiding met behulp van een plantmodel	19
7 Inleiding en doelen	20
8 Toepassing van het model gedurende het jaar	21
8.1 Invoergegevens	21
8.2 Modeltoepassing tot en met week 21	21
8.3 Modeltoepassing vanaf week 22: interactief	24
9 Evaluatie van de toepassing van het plantmodel	26
10 Discussie	28
11 Conclusies	29

Onderdeel 3: Non-destructieve meting van plantbalans met Brix-bepaling	30
12 Inleiding en achtergronden Brix en plantbalans	31
12.1 Doelstelling	31
12.2 Definitie plantbalans	31
12.3 Zetting in relatie tot de plantbalans	31
13 Materiaal en methode Brix en plantbalans	33
13.1 Destructieve bepalingen	33
13.2 Tellingen en Brix-bepaling op bedrijven	33
13.3 Statistische analyse	33
13.3.1 Plan van aanpak	33
13.3.2 Analyse wekelijkse plantmetingen	34
13.3.3 Analyse gerealiseerde zetting	34
14 Resultaten	35
14.1 Inleiding	35
14.2 Gewasgroei - destructieve metingen	36
14.3 Brixmeting in relatie tot plantbalans	38
14.3.1 Model	38
14.3.2 Voorspellen van het Brix-getal	38
14.4 Plantbalans in relatie tot zetting	40
14.4.1 Relatie waarnemingen op de bedrijven en gerealiseerde zetting	40
14.5 Voorspellen van de zetting	42
14.5.1 Model Brix-waarde	43
14.5.2 Model berekend aanbod	44
15 Discussie Brix en plantbalans	46
15.1 Brix-getal maat voor assimilatenaanbod	46
15.2 Voorspellen van zetting	46
15.3 Stuurbaarheid van zetting, strategie ontwikkeling	46
15.4 Model resultaten in relatie tot praktijkervaringen	47
15.5 Vruchtproductie	47
16 Conclusies Brix en plantbalans	48
17 Algemene discussie	49
18 Algemene conclusies	52
19 Literatuur	53

Bijlagen	1
Bijlage 1 Teeltproef WUR Resultaten	2
Verloop van de teelt	2
Bijlage 2 Teeltproef WUR Resultaten	5
Gerealiseerd Klimaat	5
Relatieve luchtvochtigheid en VD	6
Watergift en drain	6
Planttemperatuur	7
Tijdens de dag	7
Bijlage 3 Teeltproef WUR Resultaten	11
Gewasmetingen	11
Zetting, productie en vruchtgewicht	12
Manier van toppen	13
Bladplukken	15
Bijlage 4 Teeltproef WUR Resultaten	16
Gewasprocessen	16
Fotosynthese en verdamping	16
Lichtdoordringing in het gewas	17
Bijlage 5. Bedrijfs- en teeltkenmerken deelnemende telers	19
Bijlage 6. Relatie LAI en lichtonderschepping	20
Bijlage 7: Gemeten parameters i.r.t. Brix-metingen	21
Bijlage 8. Figuren destructieve metingen	22
Bijlage 9: Statistische analyse	23

1 Algemene inleiding

De landelijke paprikacommissie (LC) van LTO Groeiservice heeft in 2008 aan verschillende kennisinstellingen om projectvoorstellen gevraagd, met als onderwerp het optimaliseren van de teeltfactoren bij paprika met als doel productieverhoging. Het startpunt daarbij was een kennisinventarisatie uit 2005 (Vogel, 2005). Deze inventarisatie gaf een overzicht van de invloed van verschillende teeltfactoren op de productie van paprika. De LC gaf aan dat ondanks dat deze kennis beschikbaar was het nog steeds onmogelijk bleek om de productie van paprika ver over de 30 kg/m² te krijgen. Dit werd te meer als frustrerend ervaren, omdat bijvoorbeeld in een tomatenteelt met dezelfde kennis de productie steeds flink was gestegen. In tomaat was bijvoorbeeld ook het teeltresultaat van (semi)gesloten kastechnieken veel groter dan bij paprika. De LC wilde graag de productie verhogen naar 40 kg/m² – en deze wens heeft de projecttitel opgeleverd: 40 kg paprika. Hierbij moeten we meteen aantekenen dat de projectgroep niet de illusie heeft gehad dat deze 40 kg/m² in dit project zou kunnen worden behaald, maar wel dat de weg daarheen duidelijker wordt en er een flinke stap in die richting wordt gezet.

Het projectdoel is in het initiële projectvoorstel als volgt geformuleerd:

Meer teeltrendement in paprika.

Verhoging van productie is belangrijk om het teeltrendement in paprika te verhogen. De ontwikkeling van productie blijft tot nu toe achter bij andere teelten. Nieuwe teeltconcepten moeten bijdragen aan productieverhoging. Dit zal gebeuren door knelpunten in de huidige teeltmethoden weg te nemen en een combinatie van technieken in één totaalconcept toe te passen.

De genoemde “combinatie van technieken” sloot aan bij de opdracht vanuit de LC om de kennis van effecten van verschillende factoren te bundelen in één compleet model voor de teelt.

Het project is tot stand gekomen door de voorstellen van drie partijen samen te voegen in één project, waarbij de verschillende onderdelen elkaar zouden versterken. Elk onderdeel had zijn eigen specifieke nadruk:

1. **Teeltproef (WUR Glastuinbouw):** een teeltproef, waarin een aantal teeltfactoren wordt gecombineerd en het effect op gewasontwikkeling en productie wordt gemeten. Hierbij kan de interactie tussen verschillende teeltfactoren een ander resultaat leveren dan alleen de som van het effect van deze factoren.
2. **Plantmodel (DLV Plant en WUR Glastuinbouw):** toepassing van een plantmodel bij telers. Door verbeterd inzicht in kwantificeren van het effect van factoren op de zetting kunnen beslissingen qua teeltstrategie beter worden onderbouwd en vermindert het aantal fouten.
3. **Meting plantbalans (Groen Agro Control):** de plantbelasting als belangrijke factor die de kans op zetting beïnvloedt wordt nu ingeschat op basis van tellingen van vruchten en vruchtleeftijd. Wanneer het mogelijk is de beschikbare hoeveelheid assimilaten werkelijk te meten, kan er nog accurater gestuurd worden naar de mogelijkheden van het gewas onder de gegeven omstandigheden.

De teeltproef brengt de productiepotentie in beeld van een aantal gecombineerde teeltfactoren. Het plantmodel is een ondersteuning om deze groeifactoren optimaal op elkaar en het gewas af te stemmen. Een betrouwbaarder meting van de beschikbare hoeveelheid assimilaten voor zetting maakt de resultaten van een plantmodel betrouwbaarder. Op deze manier versterken de verschillende projectonderdelen elkaar, om zo tot het gewenste totaalconcept voor de paprikateelt te komen die telers een meeropbrengst en hoger rendement oplevert.

Het project is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw.

In de volgende hoofdstukken zullen opzet en resultaten van de drie onderdelen eerst afzonderlijk worden gegeven. In een afsluitend hoofdstuk zullen de ervaringen worden gecombineerd, algemene conclusies worden getrokken en aanbevelingen voor vervolg en toepassing worden gedaan.

Onderdeel 1: kasproeven bij WUR Glastuinbouw.

2 Inleiding Kasproef

2.1 Doelstellingen

De doelstelling van de kasproef is vast te stellen hoe door een combinatie van teeltstrategie en gewashandelingen meer dan 20% productieverhoging kan worden gerealiseerd. Vooral efficiënter gebruik van licht en de effecten van verneveling worden in dit project onderzocht. Aanbevelingen worden gegeven of en hoe een productieverhoging tot 40 kg/m² mogelijk is.

2.2 Achtergrond

In paprika blijkt in de praktijk dat bij een stralingsomvang boven 1.500-2.000 J/cm² per dag het licht onvoldoende wordt benut. Een belangrijke reden is dat er wordt geschermd om schade door te hoge temperaturen aan vruchten en gewas te voorkomen. In de huidige teelt is het licht duidelijk niet optimaal verdeeld in het gewas door de gewasstructuur. De bovenste bladeren krijgen in verhouding veel licht en de onderste weinig. Een betere verdeling in het gewas leidt tot meer fotosynthese in komkommer (Dueck, 2009). Bovendien als de directe instraling bovenin het gewas vermindert, kan meer zonlicht in de kas toegelaten worden waardoor meer fotosynthese mogelijk is, zonder verbranding van vruchten of remming van activiteit van bladeren.

Door het licht diffuus te maken is een verbetering van lichtbenutting door het gewas mogelijk (o.a. Hemming, 2004). Door paprika te telen in een onderzoekskas met een diffuus kasdek, dat bij komkommer (Dueck, 2009) al bewezen heeft dat 10% winst behaald kan worden, kan dit getoetst worden. Doordat het licht diffuus gemaakt wordt kan bovendien bij veel instraling vrijwel al het licht toegelaten worden in de kas en benut worden door het gewas zonder dat er schade aan de vruchten optreedt. Dus er is geen noodzaak tot schermen in de zomer.

Om de lichtverdeling in het gewas nog verder te optimaliseren is er een rijstructuur gekozen die de lichtverdeling in het gewas verbetert. Als referentie wordt een paprikagewas in een onderzoekskas met normaal kasdek geteeld.

Naast de optimalisering van de lichtverdeling in het gewas is het microklimaat in het gewas geoptimaliseerd door luchtcirculatie toe te passen tijdens de nacht onder het scherm en overdag als de ramen gesloten zijn.

Tevens is luchtbevochtiging toegepast met als doel

- Voorkomen van te hoge temperaturen
- Voorkomen van te lage luchtvochtigheid en huidmondjessluiting
- De ramen langer dicht te kunnen houden, om daarmee hogere CO₂ concentraties te realiseren

De regeling hiervan is gebaseerd op het huidige onderzoek van WUR Glastuinbouw naar luchtbevochtiging bij paprika. In dit onderzoek is getoond dat in paprika een meerproductie door conditionering en bewuste sturing van de plantbelasting te realiseren is. De voordelen van een hogere CO₂-concentratie in de periode met veel licht levert pas in de tweede helft van de teelt een productievoordeel op (de Gelder, 2008). In dit onderzoek geeft luchtbevochtiging wel een meerproductie, maar er was een afname in grofheid en gemiddeld vruchtgewicht.

Combinatie van factoren

In de teeltproef is zowel het diffuse glas, de klimaatfactoren (luchtbeweging en luchtbevochtiging) en rijstructuur in één experiment toegepast. Daarnaast is binnen elke kas een aangepaste snoeistrategie uitgevoerd. Er is van uitgegaan dat de combinatie van factoren werkelijk aantoonbare meerproductie geeft. Door de combinatie van de verschillende factoren is het wel mogelijk om vast te stellen wat het totaaleffect is, maar er kan in deze proef niet aangegeven worden wat de precieze bijdrage van elk onderdeel is. Deze proef is uitgevoerd in twee kasafdelingen. Eén afdeling dient als referentie (normaal glas, geen bevochtiging of luchtcirculatie, gangbare teeltstrategie) en in de andere afdeling zijn alle factoren in combinatie toegepast.

Het verloop van de proef (klimaat, gewasontwikkeling, teeltresultaten) is voor de deelnemende telers (die het plantmodel toepassen of deelnemen in de BCO) via Letsgrow te volgen en te vergelijken met hun eigen klimaat en gewas.

3 Materiaal en methoden

3.1 Proefopzet

De paprika cv. 'Ferrari' is gezaaid op 6 november 2008 en opgekweekt bij Plantenkwekerij Leo Ammerlaan. De planten zijn geplant op 23 december/week 51 in twee afdelingen van 144 m². Dit is in vergelijking met een vrij late planting in de praktijk. Eén afdeling had een diffuus kasdek van Vetrasol 503 glas (Hogla) met een hazegetal van 74% en een lichtdoorlatendheid bij diffuus licht van 80% en bij direct licht 92,7%. Deze waarden zijn in het lab gemeten. Normaal float glas heeft bij diffuus licht een lichtdoorlatendheid van 83% en bij direct licht 89%. De K-waarde voor standaard blank glas als voor zogenaamd 'low-iron' glas is ca. 5,8 W/m²K bij een glasdikte van 4 mm. Vetrasol is een 4 mm glassoort die, behoudens dat het een andere oppervlaktestructuur en een laag ijzeroxidegehalte heeft, niet afwijkt van 'gewoon' blank floatglas. Het heeft bijvoorbeeld geen coating, zoals die wordt toegepast in glassoorten ter verlaging van de emissiviteit of de verhoging van de zonwerende eigenschappen van beglazingen.

De planten zijn geteeld met 2 stengels op een stengeldichtheid van 6,7 st/m² (3,35 planten/m²) in een traditioneel systeem. Dit is gekozen na discussie en het bekijken van simulaties waarin gekeken wordt naar de effecten op LAI (bladoppervlakteindex), lichtonderschepping en fotosynthese bij 2, 3 en 4 stengels per plant. Het aantal stengels (2) is gekozen na overleg met de begeleidingscommissie. Onderzoek in België (Sauviller, 2008) met de cultivar Yellow Glory wijst ook uit dat twee stengels die getopt worden op één blad de meest economische variant geeft. Het aanhouden van extra stengels kost productie per m² en is arbeidsintensiever (Sauviller en van Herck, 2008). De commissie gaf aan dat vooral bij een vroege plantdatum begin december de eerste twee zetsels minder kunnen opbrengen als er meer stengels en meer blad aangehouden worden. De vraag is of bij een late plantdatum meer blad aangehouden kan worden zonder te veel risico te nemen. De late plantdatum maakt het al moeilijk het juiste aantal zetsels te bereiken.

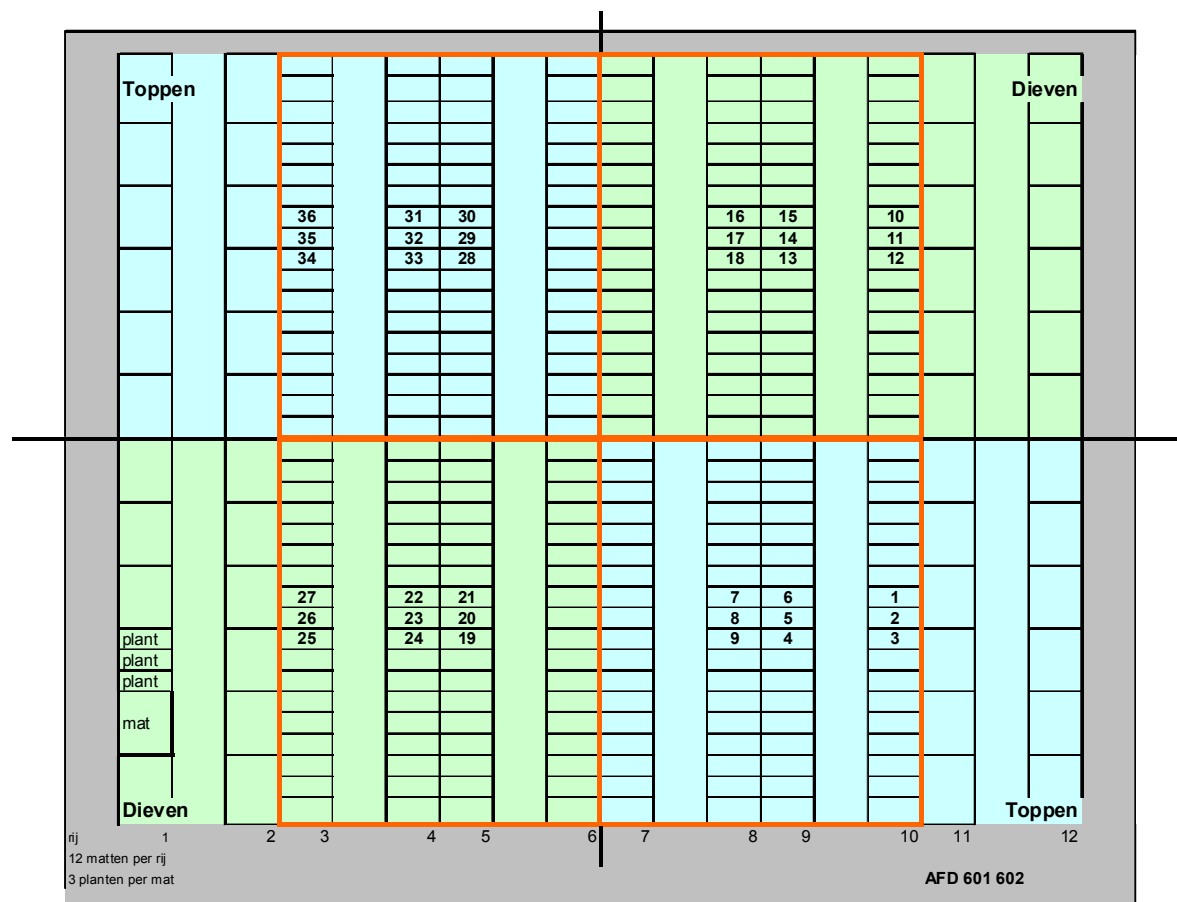
In de referentieafdeling loopt er één gewasdraad boven elke goot en in de proefafdeling zijn er 2 gewasdraden per goot. In de proefafdeling zijn luchtbevochtiging en ventilatoren toegepast.

De luchtbevochtiging (12 sproeiers) heeft een capaciteit van 500 g/m² per uur. De sturing gaat in pulsen van aan/uit waarbij de pulslengte kan variëren van minimaal 5 tot maximaal 9 seconden en de wachttijd tussen de pulsen kan variëren tot minimaal 5 seconden afhankelijk van de instellingen. In de proefkas hangt ook een verticale ventilator (Nivola) met een vermogen van 160 W, 700 omwentelingen per minuut.

Binnen de kassen is een tweetal behandelingen uitgezet; het verwijderen van jong blad door zijscheuten helemaal weg te breken (dieven) of het verwijderen van jong blad door een deel van de zijscheuten weg te breken en één blad op de plant te laten (toppen). Zie figuur 1 voor de locatie van deze behandelingen in de kas; het oranje kader geeft een proefveld aan; elk proefveld omvat 9 meetplanten dus voor de lengtegroei, kopdikte, zetting en plantbelasting zijn 36 planten per kas geteld. De planten genummerd 1-9 en 28-36 zijn getopt en de planten genummerd 10-18 en 19-28 zijn gedieft. Na de langste dag is oud blad van de onderste 1 meter van de planten genummerd 10-18 en 28-36 alleen in de proefkas verwijderd. Voor de productie zijn de vruchten van 2 teeltgoten per behandeling geteld (rijen 3, 4, 5, en 6 en 7, 8, 9 en 10)

Daarnaast zijn een drietal destructieve metingen gedaan, eenmaal aan het begin van de teelt in december, eenmaal in maart en eenmaal aan het eind van de teelt in november. In

mei is lichtonderschepping in beide kassen gemeten. In juni zijn de temperaturen van vruchten en bladeren gemeten onder de verschillende kasdekken. In oktober zijn fotosynthesemetingen uitgevoerd in beide kassen.



Figuur 1. Voorbeeld van hoe de planten, de behandelingen, de proefvelden en de meetvelden in elke kas staan. In de oranje kaders zijn de proefvelden en in elk proefveld zijn 9 meetplanten. De oogstgegevens zijn berekend van de rijen 3,4,5 en 6 en van de rijden 7,8,9 en 10.

Voor beide kassen is het gerealiseerde klimaat via LetsGrow opgeslagen. De voortgang van de proef is elke week door de teeltchef van Wageningen UR Glastuinbouw besproken met de onafhankelijke teeltadviseur van DLV Plant en twee telers. Elke vier maanden zijn de (voorlopige) resultaten gepresenteerd aan een begeleidingscommissie.

4 Resultaten

4.1 Verloop van de teelt

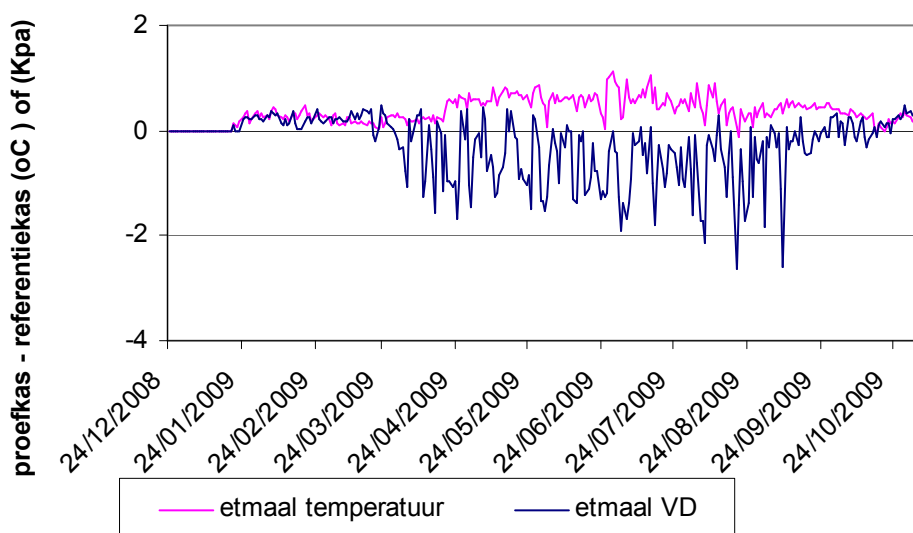
Voor een omschrijving van de teelt aan de hand van wekelijkse rapporten van de teeltadviseur, DLV Plant zie bijlage 1.

4.2 Gerealiseerd Klimaat

In bijlage 2 table 3 staat een overzicht van de gerealiseerd klimaat. In beide kassen is gedurende de winter en het voorjaar tijdens de nacht geschermd. In de overige periode is niet geschermd tot aan het najaar en dan weer 's nachts. Er is overdag in de referentieafdeling niet geschermd omdat dit niet nodig was vanwege enigszins donkerder kassen dan de praktijk en omdat door te schermen er minder licht in de proefafdeling zou vallen. In de proefafdeling is niet geschermd omdat werd aangenomen dat door het diffuse glas er geen directe straling op de vruchten zou zijn en daardoor vruchtschade zou worden voorkomen.

4.2.1 Temperatuur in de kas

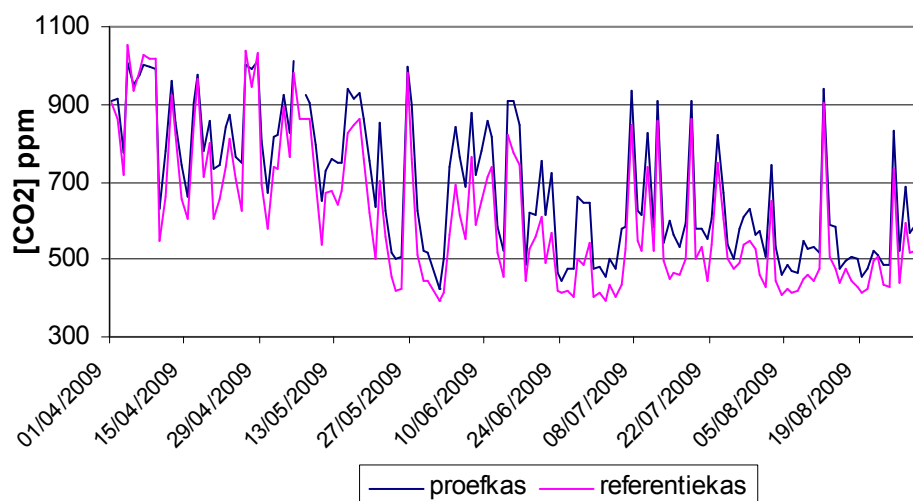
Tot aan begin april zijn er weinig verschillen tussen de kassen behalve de hogere planttemperatuur 's nachts in de proefkas. Vanaf eind april is de luchtlijn in de proefkas 1 °C hoger dan in de referentiekas. Dit resulteert in een gemiddelde etmaaltemperatuur verhoging van ruim 0,5 °C in de proefkas (figuur 2). Voor verdere uitwerking van de temperatuur in de kas zie bijlage 2.



Figuur 2. Verschillen tussen de kassen (proefkas – referentiekas) voor etmaaltemperatuur en etmaalvochtdeficiet (VD) gedurende de proef

4.2.2 CO₂-niveau

Door de verandering in ventilatie is vanaf april tot en met augustus (10 tot 16 uur) gemiddeld 10% meer CO₂ in de proefkas (figuur 3).



Figuur 3. Gemiddelde CO₂ concentratie in de proef- en referentiekassen (10 tot 16 uur) voor de periode april tot en met augustus.

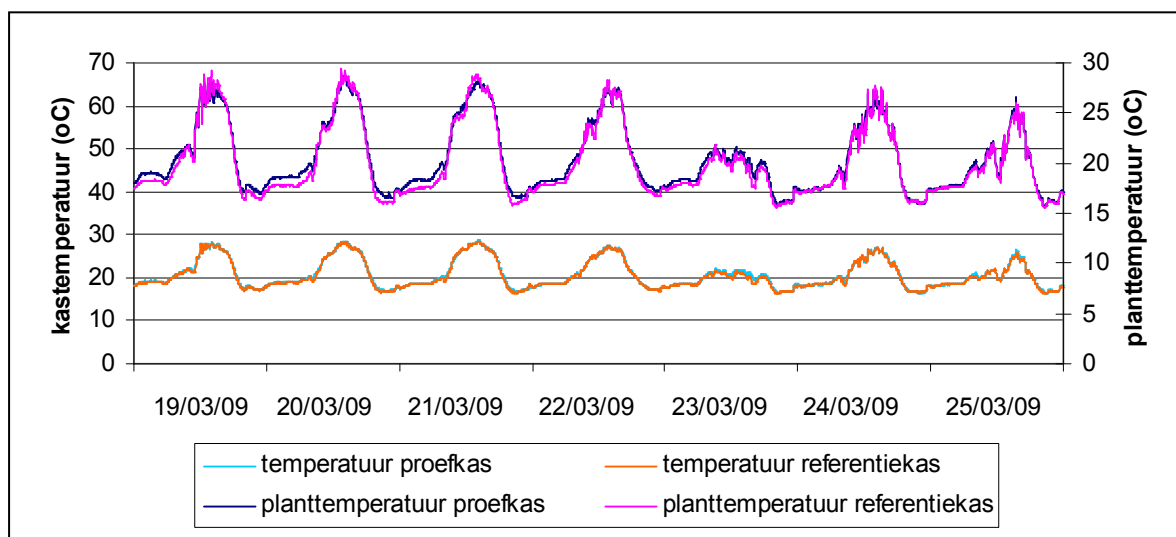
4.2.3 Relatieve luchtvochtigheid en vochtdeficiet

In de proefkas is vanaf half maart de setpoint voor verneveling op een vochtdeficiet (VD) van 5,0 g/m³ gezet. De verneveling in de kas (500 g.m⁻².uur⁻¹) was niet voldoende om deze setpoint constant te bereiken maar in de proefkas is het VD over het algemeen steeds lager dan in de referentiekas ondanks de hogere temperatuur (bijlage 2, tabel II.1). Bij een hogere temperatuur en gelijke VD is de absolute vochtigheid van de lucht ook hoger. In de proefkas is vanaf eind juni gekozen de maximum raamstand te verlagen. Dit omdat in de proefkas in mei, ondanks de luchtbevochtiging, de luchtvochtigheid aan de lage kant is. De maximum raamstand aan de luwe zijde is op 50% gezet, en aan de windzijde is de maximum raamstand op 25% gezet. Alleen op extreem warme dagen is de maximum raamstand tijdelijk met 10% verhoogd. Dat de luchtvochtigheid aan de lage kant is, is in figuur 3 te zien. Het verschil tussen het VD in de proefkas ten opzichte van de referentiekas is hoger dan 0. In de late zomer en het najaar is het VD in de proefkas over het algemeen steeds lager dan in de referentiekas. Door het verlagen van de raamstand in proefkas wordt meer vocht en CO₂ in de kas gehouden.

Voor verdere informatie over VD, watergift en drain zie bijlage 2.

4.2.4 Planttemperatuur - tijdens de nacht

In februari en maart als de verticale ventilator aanstaat, is de gewastemperatuur in de proefkas hoger dan wanneer deze uit staat (figuur 4 en bijlage 2). Hier is op 23 maart de ventilator uitgezet en in de nachten van 24, 25 en 26 maart is de gewastemperatuur in de twee kassen gelijk. De ventilator is daarom vanaf maart in de voornacht uitgezet. De verschillen waren waarschijnlijk te verklaren door het verzamelen van warme lucht onder de gesloten scherm en het 'terugblazen' van warme lucht over de koppen van de paprika's zodat er minder temperatuurverschil tussen boven en onder in de afdeling ontstaat. Later in het jaar is het verschil tussen de nachttemperatuur in de kas en de temperatuur van de kop van de plant in de proefkas kleiner dan in de referentiekas.

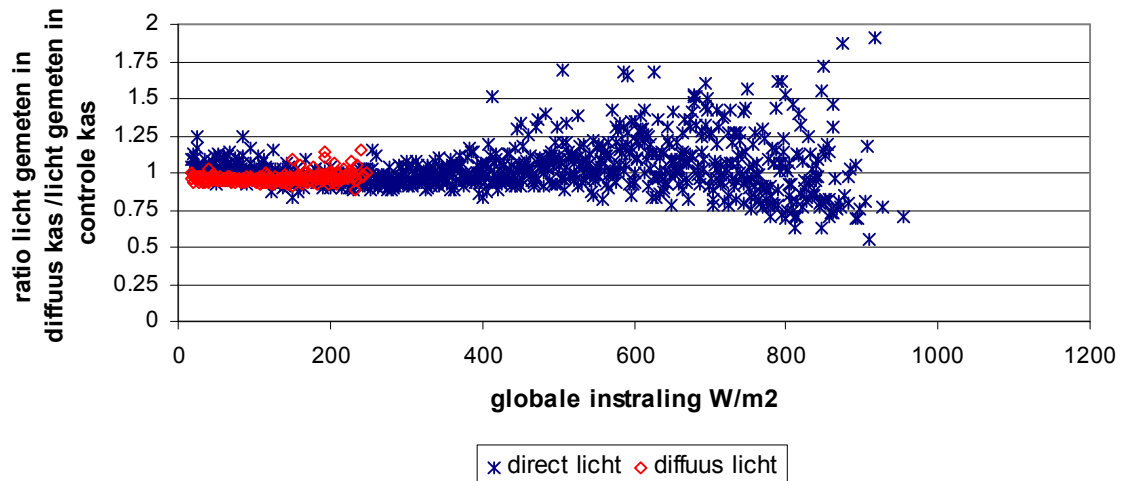


Figuur 4. Planttemperatuur en de kasttemperatuur in de periode 19 tot 26 maart

Voor verder informatie over de planttemperatuur en vochtdeficiet zowel overdag als 's nachts zie bijlage 2, planttemperatuur.

4.2.5 Licht in de kas

In het lab gemeten laat het diffuus glas 3% minder diffuus licht in de kas en 4% meer direct licht in de kas (gegevens Vetrasol 503 haze 74%). In deze proef is het licht in de kas boven het gewas gemeten door PAR-meters. De globale instraling in Bleiswijk per 5 minuten voor de periode februari 2009 tot en met mei 2009 geanalyseerd en er is berekend of de instraling diffuus of direct was. Dit is gedaan door de potentiële instraling per 5 minuten te vergelijken met de actuele instraling. Als de potentiële instraling minder dan 25% was van de actuele instraling is de instraling als diffuus beschouwd. Daarna is het licht gemeten in de proef kas (met diffuus glas) gedeeld door het licht gemeten in de referentie kas (met 'float glas'). Deze waarden zijn gemiddeld per instralingniveau uitgezet voor diffuus licht en voor direct licht. Wel moet worden opgemerkt dat de PAR-meters beïnvloed kunnen worden door schaduw effecten van het kasdek. Gedurende de dag is in beide kassen niet geschermd. Figuur 5 laat zien dat er minder licht gemeten wordt in de proef kas met diffuus glas dan in de referentie kas bij lage instraling. Bij lage instraling is er ook vaak diffuus licht. Bij direct licht is er meer licht gemeten in de proef kas dan in de referentie kas. De grote spreiding bij hoge instraling heeft te maken met mogelijke beschaduwden door de kasdelen. Bij 150 tot 250 W/m² lijkt de verhouding tussen het licht gemeten door het diffuus glas en het 'float' glas wat lager. Dit zou te maken kunnen hebben met de lage zonnestand aan het begin en einde van de dag. Als deze waarden over de hele periode gemiddeld worden, is in de diffuus kas 3% minder diffuus licht en 4% meer direct licht. Of de lagere transmissie bij diffuus licht een effect heeft gehad op de zetting in het vroege voorjaar is moeilijk te zeggen.



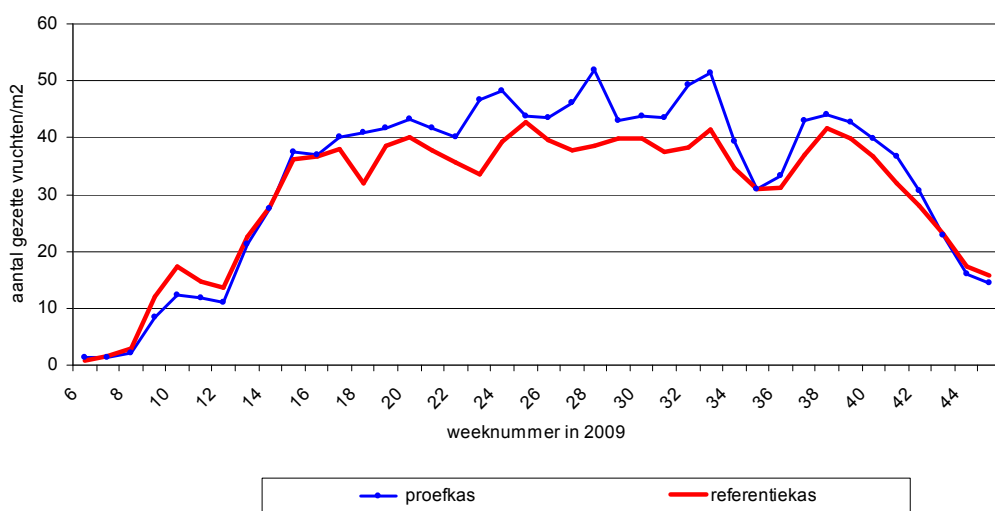
Figuur 5. De relatie tussen diffuus licht en direct licht opgevangen door lichtmeters in de kas met diffuus glas en de kas met float glas voor de periode februari tot en met mei 2009.

4.3 Gewasmetingen

Elke week is de lengte van de planten gemeten. In bijlage 3 is de gemiddelde lengte van de planten in de proef- en referentiekassen uitgezet tegen de datum. Vanaf half februari is in de proefkas de lengte sterker toegenomen dan in de referentiekas. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het feit dat de temperatuur van de kop van de plant hoger was in de proefkas dan in de referentiekas. Dit is veroorzaakt door de lagere plantbelasting als gevolg van het verzamelen van warme lucht onder het gesloten scherm gedurende de nacht en warmere koppen van het gewas door het 'terugblazen' van warme lucht over de koppen van de paprika's. Later in de teelt neemt het verschil af en dit kan veroorzaakt worden door de hogere plantbelasting. Bij een hoge plantbelasting blijven er minder assimilaten over voor gewasgroei. Voor de data over gewaswaarnemingen zie bijlage 3.

4.3.1 Zetting, productie en vruchtgewicht

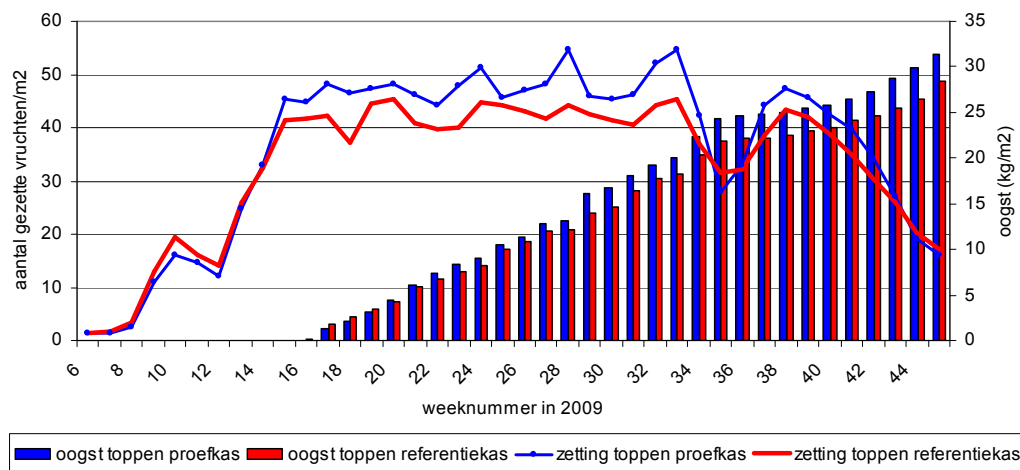
In figuur 6 is de plantbelasting per m^2 uitgezet tegen het weeknummer. Aan het begin van de teelt was de plantbelasting in de proefkas lager dan in de referentiekas. Vanaf week 18 is de plantbelasting in de proefkas steeds hoger dan in de referentiekas. De dip in de plantbelasting in week 35 is te wijten aan het feit dat in deze week groen is geoogst om een laatst zetsel te stimuleren.



Figuur 6. Plantbelasting in de proef- en referentiekassen (aantal vruchten per m²).

Praktijkvergelijking

Om de productie te vergelijken is de meest praktijkrepresentatieve behandeling in de referentiekas vergeleken met de beste behandeling in de proefkas. Zodoende is de productie van de planten die getopt worden op één blad aan de zijscheut vergeleken (figuur 7). Deze twee behandelingen komen overeen met de praktijksituatie en de beste behandeling in proefkas. In de referentiekas was de productie van deze getopte behandeling inclusief groene vruchten 28,5 kg/m² en in de proefkas 31,5 kg/m², een productievoordeel van 10,5%. Echter het gemiddeld vruchtgewicht is bijna 7% lager in de proefkas (Tabel 1).



Figuur 7. De plantbelasting en oogst in beide kassen op de getopte planten (één blad blijft zitten op de zijscheut).

4.3.2 Productie overzicht

Concluderend geeft toppen in de proefkas de hoogste productie en dieven in de referentiekas de laagste productie. Het gemiddeld vruchtgewicht voor beide

behandelingen is hoger in de referentie kas. Hier was de temperatuur lager en de plantbelasting over het algemeen lager. In beide kassen geven de planten met een zijscheut meer vruchten dan de planten zonder zijscheut. Beide behandelingen in de proefkas gaven meer stuks per m² dan in de referentiekas.

Tabel 1. Samenvatting van de productie (kg/m²), gemiddeld vruchtgewicht (g) en aantal (stuks/m²) voor alle behandelingen

Kas	Behandeling	Productie (kg/m ²)	Gemiddeld vruchtgewicht (g)	Aantal (stuks/m ²)
referentie	dieven	26,0	177	147
proef	dieven	27,9	164	170
referentie	toppen	28,5	173	165
proef	toppen	31,5	161	195

Voor verdere uitleg over de resultaten van de behandelingen zie bijlage 3.

4.4 Gewasprocessen

Voor resultaten over fotosynthese metingen en lichtdoordringing in het gewas zie bijlage 4.

5 Discussie

5.1 Kasinrichting

Het is de ambitie van telers de paprikaproductie te verhogen. In deze proef is een proefkas vergeleken met een referentiekas. In dit project waren de aanpassingen in de proefkas ten opzichte van de referentiekas:

- Diffuus glas
- Luchtbeweging
- Luchtbevochtiging
- Dubbele gewasdraden

In de jaren 2006 en 2007 zijn twee proeven uitgevoerd met paprika in een gesloten kas (De Gelder, 2009). Er was een geringe productieverhoging in de afdeling met veel verneveling maar gelet moest worden op een laag vruchtgewicht. Geconcludeerd werd dat de stijging van productie in een gesloten kas pas vanaf de zomer gerealiseerd wordt. In 2008 zijn proeven uitgevoerd met diffuus glas bij komkommer (Dueck en anderen, 2009). De conclusies hiervan waren dat er met diffuus glas 10% meer productie gerealiseerd kan worden. Dit heeft deels te maken met het feit dat er minder geschermd hoeft te worden in de zomer.

In de proefkas is de totale productie van alle behandelingen $30,5 \text{ kg/m}^2$ en in de referentiekas $27,7 \text{ kg/m}^2$, een meerproductie van 10% in de proefkas. Dit verschil trad pas in week 29 op, de proefkas liep echter tot aan week 22 achter bij de referentiekas omdat in de proefkas de eerste zetting later was. Dit was waarschijnlijk veroorzaakt door een warmere koptemperatuur van de planten in de proefkas. De draaiende verticale ventilator onder een gesloten scherm heeft de warme lucht die ophoopt onder het scherm 'teruggeblazen' over de koppen. In de proefkas was het gemiddeld vruchtgewicht van alle behandelingen 6% lager. Een laag vruchtgewicht in een geconditioneerde kas was ook gemeld door De Gelder, 2009.

De proefkassen van WUR Glastuinbouw in Bleiswijk hebben een lichttransmissie van ca. 55%. Een lichtere kas dan deze faciliteiten kan leiden tot een hogere productie. Paprika is gevoeliger voor lichtafname dan tomaat en komkommer. Een 1% lichttoename resulteert in een opbrengsttoename tussen 0,8 en 1,0%. (Marcelis, 2004). Wanneer we aannemen dat een kas van een teler een transmissie heeft van ca. 70%, zou in een conservatieve schatting met de toegepaste technieken en methoden in de praktijk een totaalproductie behaald kunnen worden van ruim 34 kg/m^2 ($0,8\%$ meerproductie per 1% meer licht; 15% meer licht * $0,8 = 12\%$ meerproductie; $30,5 \text{ kg/m}^2$ plus $12\% =$ ruim 34 kg/m^2). Dit is alweer een flinke stap in de richting van 40 kg/m^2 , die nog wel in de praktijk bewezen zal moeten worden. De behandeling met de hoogste productie (getopte planten) zou in de praktijk volgens deze berekening een productie van ruim 35 kg/m^2 op kunnen leveren.

Diffuus glas

Diffuus glas heeft een lagere transmissie bij diffuus licht (3% in een lab gemeten) dan 'float' glas en een hogere transmissie bij direct licht (4% in een lab gemeten). Onder praktijkomstandigheden is dit afhankelijk van de zonnestand. In de metingen in deze proef lijken deze percentages ook van toepassing. Hemming (2006) gaf aan dat een diffuus kasdek waarschijnlijk meer voordelen heeft in de zomer. Door gebruik van simulaties is berekend dat paprika een potentiële productieverhoging van 5-6% door een diffuus kasdek kan bereiken (Hemming e.a. 2006). De lichtdoordringing in het gewas was in deze huidige proef moeilijk te vergelijken omdat in de proefkas het gewas op twee draden hing en in de referentie kas op één draad. Fotosynthesemetingen toonden aan dat de bovenste

bladeren in de kas met diffuus glas een hogere efficiëntie hadden dan in de 'gewone' kas. Het diffuus glas zorgde wel voor dat de vruchttemperatuur enkele graden lager bleef tijdens warme zomer dagen. In de proef omschreven hier is niet geschermd, ook niet in de referentiekas. Het is aannemelijk dat het diffuse glas bijdraagt aan de hogere productie door de nadelen van direct licht zoals hoge vrucht- en plant temperaturen en slagschaduw tegen te gaan.

Ventilator

Wat de bijdrage van de ventilator was in deze proef is moeilijk te zeggen. Twee zaken vallen wel op, namelijk dat de planttemperatuur tijdens de nachten in het voorjaar onder een dicht scherm in de proefkas hoger was dan in de referentiekas. De kastemperatuur was in beide kassen gelijk. Dit werd verklaard door het feit dat de koppen van de planten zijn opgewarmd door warme lucht die door de ventilator van onder het scherm terug op de koppen geblazen werd. Als de ventilator uitgezet werd was dit verschil weg. Dit heeft mogelijk een lagere zetting aan de start van de teelt in de proefkas veroorzaakt. De planten in de proefkas waren ook langer en ook hier zou de warme lucht de strekking kunnen bevorderen. Echter de koppen waren dikker en dit zou kunnen duiden op meer beschikbare assimilaten.

Verneveling

In de proefkas is vanaf april minder snel gelucht en vanaf juni is een kleinere raamstand ingesteld. Hiervoor werd gekozen omdat de plantbelasting hoog was. De temperatuur liep hierdoor op, wat niet nadelig was omdat door de luchtbevochtiging het VD in de kas laag bleef. Daardoor is de gemiddelde temperatuur in de proefkas vanaf half april ongeveer 0,5°C hoger geweest wat een hogere ontwikkelingsnelheid van het gewas in de proefkas gaf. Het gemiddeld vruchtgewicht in de proefkas was 6% lager, bij een totale oogst in kg/m² die 10% hoger was. In deze kas met een hogere etmaaltemperatuur was ook de plantbelasting hoger, dus het lagere vruchtgewicht is deels door temperatuur en deels door hogere plantbelasting veroorzaakt. In de proefkas is door de planten minder water opgenomen, vanaf mei tot september tussen 30 tot 40% minder. Echter is vocht nodig voor de verneveling om het gewas te koelen.

CO₂

Een groot voordeel van het minder luchten en dus van de verneveling was het feit dat het CO₂ in de proefkas hoger werd. Vanaf april tot en met augustus (10 tot 16 uur) was er gemiddeld 10% meer CO₂ in de proefkas. Met een rekenmodel kan een simulatie gemaakt worden van de teelt in de twee kassen en kunnen er prognoses gedaan worden van hoe de productie zou zijn onder andere omstandigheden (tabel 2). In dit voorbeeld is een verhoging van de temperatuur of van het CO₂ berekend over het hele jaar. In deze proef is echter de verhoging van het CO₂ en de temperatuur niet over het hele jaar geweest. De omstandigheden in de proefkas ten opzichte van de referentiekas kunnen een productieverhoging van ongeveer 5% verklaren. De temperatuur in de proefkas was 0,5 tot 1 °C hoger en het CO₂-niveau in de zomer was overdag bijna 100 ppm hoger.

Tabel 2. Berekende cumulatieve potentiële productie ten opzichte van gerealiseerde productie bij aanpassing van teelfactoren temperatuur en CO₂-concentratie.

	Temperatuur gerealiseerd	Temperatuur gerealiseerd + 1°C
CO ₂ gerealiseerd	0%	-2%
CO ₂ gerealiseerd + 100 ppm	11%	5%
CO ₂ gerealiseerd - 100 ppm	-5%	-11%

5.2 Gewashandelingen en praktijkreferentie

Voor de praktijk is toppen op één blad in een kas zonder verneveling en diffuus glas als standaard genomen. In deze proef zijn in de twee typen kassen ook twee manieren van gewashandelingen getoetst; toppen op één blad op een zijnscheut en helemaal wegbreken van de zijnscheut. Daarnaast zijn in de proefkas twee draden boven de goot (t.o.v. één draad boven de goot in de referentiekas) gebruikt om het gewas op te hangen. Ook is er in de proefkas blad van de onderste deel van de plant geplukt.

De behandeling die het meest overeenkomt met een praktijksituatie produceerde 28,5 kg/m² en in de proefkas produceerde deze behandeling 31,5 kg/m², een meerproductie van 10,5%.

Als het toppen op één blad in beide kassen vergeleken wordt met het wegbreken van de zijnscheut in beide kassen geeft het toppen op één blad 30 kg/m² ten opzichte van 27 kg/m² als de zijnscheuten weggebroken wordt. Dit is een verhoging van 11%, terwijl het vruchtgewicht slechts 2% lager is. In de praktijk wordt altijd op één blad getopt dus de meerproductie van 11% door te toppen wordt door de praktijk al toegepast. Ook gaf toppen een gelijkmatiger zetting dan het helemaal wegbreken van de zijnscheuten. In een proef in België (Sauviller, 2008) was er alleen een voordeel bij het toppen op 2 of 3 bladeren ten opzicht van het helemaal wegbreken van de zijnscheut. Hiervoor is in deze proef niet gekozen omdat verliezen dan optreden door het breken van de zijnscheuten onder het gewicht van de vruchten. Ook in België heeft het aanhouden van meer blad bij aanvang van de teelt door hoger te toppen wel geresulteerd in meer kilo's maar niet in vroegere kilo's.

Vroege kilo's zijn voor een teler interessant omdat ze beter worden betaald. Er is gezien dat meer kilo's kunnen worden gerealiseerd door eerst wat meer in het gewas te investeren. Ook door in het gewas te investeren door een zijnscheut aan te houden is de productie gedurende het jaar hoog gebleven. Vroege kilo's kunnen later negatieve gevolgen hebben voor de productie. In deze proef is in de proefkas het gewas op twee draden boven de goot geteeld en in de referentiekas op één. Een voordeel van het 'breder' telen van het gewas om eerder kilo's te maken is hier niet uit de verf gekomen omdat de zetting in de proefkas later was dan in de referentiekas. Dit lag waarschijnlijk aan de warmere koeltemperatuur van het gewas. Bij de laatste destructieve meting hebben de stengels in de proefkas aan de 'binnenste' gewasdraad een lager bladoppervlak dan de stengels aan de buitenste draad. Dit geeft aan dat gedurende het teelt het waarschijnlijk beter is de draden bij elkaar te schuiven. Extra bladplukken onderin het gewas na de langste dag had geen effect op de productie. Dit lijkt tegenstrijdig te zijn met resultaten van Dueck (2006) waar door fotosynthese-, verdamping- en respiratiemetingen in een paprikagewas geconcludeerd werd dat vanaf augustus de netto fotosynthese van de onderste bladeren negatief was. Hier is gemeld dat het weghalen van blad van de onderste gedeeltes gewasverdamping vermindert en mogelijk een negatieve bijdrage in fotosynthese tegengaat. In beide kassen is het gewas gezond gebleven en toonde geen gebrek aan nutriënten.

5.3 Invloed van de verschillende proeffactoren

De proefopzet maakt het onmogelijk om een betrouwbare inschatting te maken van de invloed van de kasinrichting, de teeltstrategie en gewashandelingen op de meerproductie en gewasgroei. Op basis van simulaties en algemene ervaringen zijn de volgende inschattingen aannemelijk:

- Een meerproductie van ca. 5% kan worden verklaard uit hoger CO₂ en hogere temperatuur (simulatie Cultavista paprika plantmodel). Echter in de periode maart tot half mei zal bij paprika in een geconditioneerde teelt nog geen productievoordeel te halen zijn (De Gelder, 2009) omdat de omstandigheden met een gangbare kas niet erg verschillend zijn.
- Door gebruik van simulaties is berekend dat paprika een potentiële productieverhoging van 5-6% onder een diffuus kasdek kan bereiken (Hemming e.a. 2006). De lichtdoordringing in de proefkas was iets hoger in de lagere gewaslagen, dit zou deels veroorzaakt kunnen worden door de dubbele gewasdraden en deels door het diffuse kasdek. De fotosynthese in de bovenste bladlagen was hoger in de proefkas, maar er is geen verschil gemeten tussen de kassen in de lagere bladlagen.
- Het is aannemelijk dat het diffuse glas bijdraagt aan de hogere productie in de zomermaanden door de nadelen van direct licht, zoals hoge vrucht- en planttemperaturen en slagschaduw, tegen te gaan. Ook is de transmissie bij direct licht 4% hoger dan van blank glas.
- Door de verneveling en een lager VD is er minder verdamping. De planten in de proefkas namen in de zomerperiode tot 40% minder water op.

6 Conclusies

Door een combinatie van teeltstrategie, gewashandelingen en kasinrichting (diffuus glas, luchtbeweging en luchtbevochtiging) is er productieverhoging van 10,5% gerealiseerd. De behandeling die het meest overeenkomt met een praktijksituatie produceerde 28,5 kg/m² en in de proefkas produceerde deze behandeling 31,5 kg/m².

Deze productieverhoging is waarschijnlijk grotendeels te wijten aan het feit dat het CO₂-niveau in deze kas in de zomerperiode overdag ongeveer 10% hoger was. Deze verhoging was mogelijk omdat er in de proefkas minder gelucht werd om het vochtdeficiet laag te houden. Dit heeft positief gewerkt op de zetting en resulteerde in de proefkas vanaf week 16 in een constant hogere plantbelasting.

In beide kassen is niet geschermd. Het wegvangen van licht door diffuus glas was in de winter zeer gering. Midden in de zomer was de vruchttemperatuur lager in de kas met diffuus glas (proefkas). De fotosynthese van de bovenste bladeren leek iets efficiënter in de kas met diffuus glas.

In de proefkas als geheel was de productie inclusief groene vruchten 30,5 kg/m² en in de referentiekas was de productie inclusief groene vruchten 27,7 kg/m². Dit positieve verschil voor de proefkas begon pas in week 29, de proefkas liep tot aan week 22 achter bij de referentiekas. De eerste zetting in de proefkas was later, maar deze heeft de referentiekas ingehaald. Het gemiddelde vruchtgewicht van de eerste-kwaliteitsvruchten liep gedurende de zomer in beide kassen omlaag, om uiteindelijk over de hele teelt in de proefkas 6% lager te zijn.

Het aanhouden van meer gewas door te toppen boven het eerste blad aan de zijscheut ten opzichte van de zijscheut weg te breken levert in deze proef 11% meer kilo's per m² op terwijl het gemiddelde vruchtgewicht 2% lager was. Dit wordt al in de praktijk toegepast. Ook gaf het toppen een gelijkmatiger zetting dan het helemaal wegbreken van de zijscheut.

Een voordeel van het 'breder' telen op een dubbel gewasdraad in de proefkas om eerder kilo's te maken is hier niet uit de verf gekomen omdat de zetting in de proefkas later was dan in de referentiekas.

Deze productieverhoging in de kasproef blijft achter bij de in het projectvoorstel voorgestelde 20%. Zoals aangegeven in de aanbevelingen hebben wellicht de kleine kasafmetingen negatieve effecten op licht en beluchting gehad. Het streven om uiteindelijk op 40 kg/m² uit te komen zal afhangen van een betere licht en CO₂-benutting. Verneveling lijkt hier een grote bijdrage te leveren. Lichtverbetering is mogelijk door het gebruik van diffuus glas waardoor er minder geschermd hoeft te worden.

Onderdeel 2. Teeltbegeleiding met behulp van een plantmodel

7 Inleiding en doelen

Van drie paprikabedrijven (voor teelt- en bedrijfsgegevens zie bijlage 5) werden de klimaatgegevens en de gewasregistratie in LetsGrow verzameld en gekoppeld aan een plantmodel van WUR Glastuinbouw. Aan de hand van gegevens over het kasklimaat en de gewasregistratie zijn wekelijks per bedrijf een zetting- en een oogstprognose gemaakt. Het gebruikte model berekende aan de hand van het gerealiseerde kasklimaat, gewas- en oogstregistratie de source en de sink van het gewas. Op basis hiervan, en het verwachte kasklimaat, werden zetting- en oogstprognoses berekend.

Bij aanvang van de werkzaamheden zijn de doelen nader omschreven:

1. met ondersteuning van het model het inzicht in het zettingsproces vergroten, zodat de teler weet hoe hij de klimaatinstellingen aan kan passen om optimaal te produceren;
2. door het plantmodel toe te passen de wensen van telers en adviseur in beeld brengen en het model gebruiksvriendelijker maken.

8 Toepassing van het model gedurende het jaar

8.1 Invoergegevens

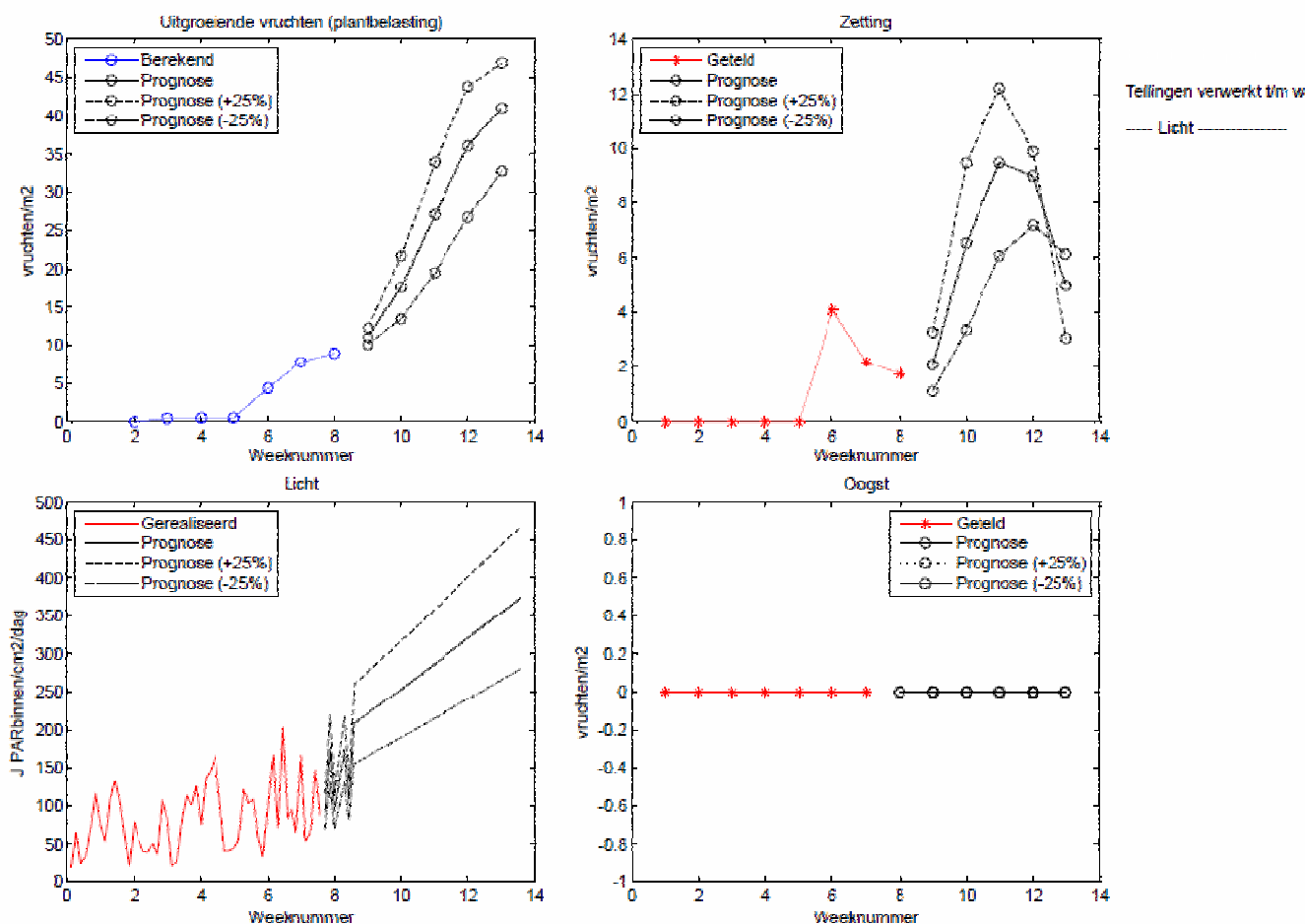
Aan het begin van het kalenderjaar zijn op elk bedrijf startwaarnemingen gedaan, waarbij de staat van het gewas op dat moment is gemeten. Dit is gebruikt als uitgangssituatie voor de modelberekeningen. Tijdens de teelt zijn per bedrijf wekelijks gegevens van tellingen (groei, zetting, en oogst) handmatig door de teler in LetsGrow ingevoerd en gegevens van het gerealiseerde kasklimaat werden dagelijks automatisch verkregen via LetsGrow (zie Tabel 3). Aan de hand van deze input gegevens zijn wekelijks modelberekeningen gedaan waarbij prognoses gegeven werden voor zetting en oogst.

Tabel 3 Input gegevens (met eenheid en invoer type) per bedrijf voor modelberekeningen zoals verzameld in Letsgrow en door WUR ingelezen voor modelberekeningen. Gegevens over tellingen werden in Letsgrow in een tabel ingevoerd (Invoer type “Handmatig in tabel”), die vervolgens werd ingelezen. Kasklimaatgegevens werden uit de klimaatcomputer via Letsgrow ingelezen (Invoer type “Automatisch”).

	Naam	Eenheid	Invoer type
Tellingen (handmatig, eens per week)	Zetting	Stuks/m ²	Handmatig in tabel
	Abortie	Stuks/m ²	Handmatig in tabel
	Oogst	Kg/m ²	Handmatig in tabel
	Vruchtgewicht	Gram	Handmatig in tabel
	Lengtegroei	Cm	Handmatig in tabel
Kasklimaat (automatisch, per 5 minuten)	Kas temperatuur	°C	Automatisch
	Straling (buiten)	W/m ²	Automatisch
	CO2 concentratie	Ppm	Automatisch
	Schermstand	Percentage (%)	Automatisch

8.2 Modeltoepassing tot en met week 21

Doordat er in het model eerst nog verschillende bedrijfsgegevens en de raseigenschappen ingevoerd en gevalideerd moesten worden, zijn er de eerste weken van de teelt geen prognoses beschikbaar gesteld. Vanaf week 8 zijn er in PDF gegevens naar de telers gegaan met daarin gerealiseerde zetting, plantbelasting en oogst en de berekende zetting-, plantbelasting- en oogstprognose (zie voorbeeld in Figuur 8). Deze prognoses werden berekend met variaties aan licht of temperatuur. Hiervoor zijn elke week per bedrijf drie verschillende scenario's doorgerekend; bij een standaard klimaat, bij een klimaat met meer licht of hogere temperatuur en bij een klimaat met minder licht of lagere temperatuur (zie Tabel 4). Deze scenario's werden door WUR wekelijks naar de adviseur van DLV Plant en de betreffende teler verstuurd. De adviseur besprak tijdens het teeltbezoek de prognoses.



Figuur 8 Voorbeeld van grafieken van berekende prognoses voor verschillende licht scenario's zoals wekelijks getoond aan de telers .

Tabel 4 Scenario's gebruikt voor berekenen van prognoses. Scenario's werden berekend met variatie in licht, ten opzichte van het langjarig gemiddelde. Daarnaast werden scenario's berekend met variatie in kasttemperatuur, waarbij uitgegaan werd van een standaardklimaat voor een specifiek bedrijf.

Scenario	Voor licht	Voor kas temperatuur
1. Standaard klimaat	Langjarig gemiddelde	Standaard klimaat
2. Meer licht/hogere temperatuur	Langjarig gemiddelde + 25%	Standaard klimaat + 1°C
3. Minder licht/lagere temperatuur	Langjarig gemiddelde – 25%	Standaard klimaat – 1°C

De zettingprognose die het model berekende waren de eerste weken reëel. Naarmate de plantbelasting opliep, werd de zettingprognose minder betrouwbaar. Het model berekende dat de plantbelasting die werd geteld gelijkmatig verdeeld was over alle planten. Het model gaf in de beginfase van het project (week 14 t/m 21) iedere volgende week een zettingprognose van 0. Door in het model rekening te houden met de variatie (ongelijkheid) in het gewas werd dit probleem opgelost.

Vanaf week 14 is er wekelijks een extra berekening aan de telers getoond waarin de source-sink ratio werd weergegeven. Aan de hand van de source-sink ratio was te zien wanneer het gewas veel energievraag (sink) heeft, bijvoorbeeld door een groot aantal uitgroeïende vruchten die aan de planten hangen. Hieruit was ook te zien of bijvoorbeeld een periode met meer licht, en dus meer aanmaak van assimilaten (source), bij een bepaalde plantbelasting toch zetting kon worden verwacht. Als er weinig energievraag (sink) is, maar de beschikbaarheid van assimilaten (source) is relatief hoog, is er "ruimte"

voor zetting. Het zelfde geldt voor het aanbod aan assimilaten (source). Als er veel aanbod van assimilaten is en de energievraag (sink) is relatief laag, zal er meer zetting plaats vinden dan wanneer er weinig aanbod van assimilaten is. Dit is kort samengevat in Tabel 5.

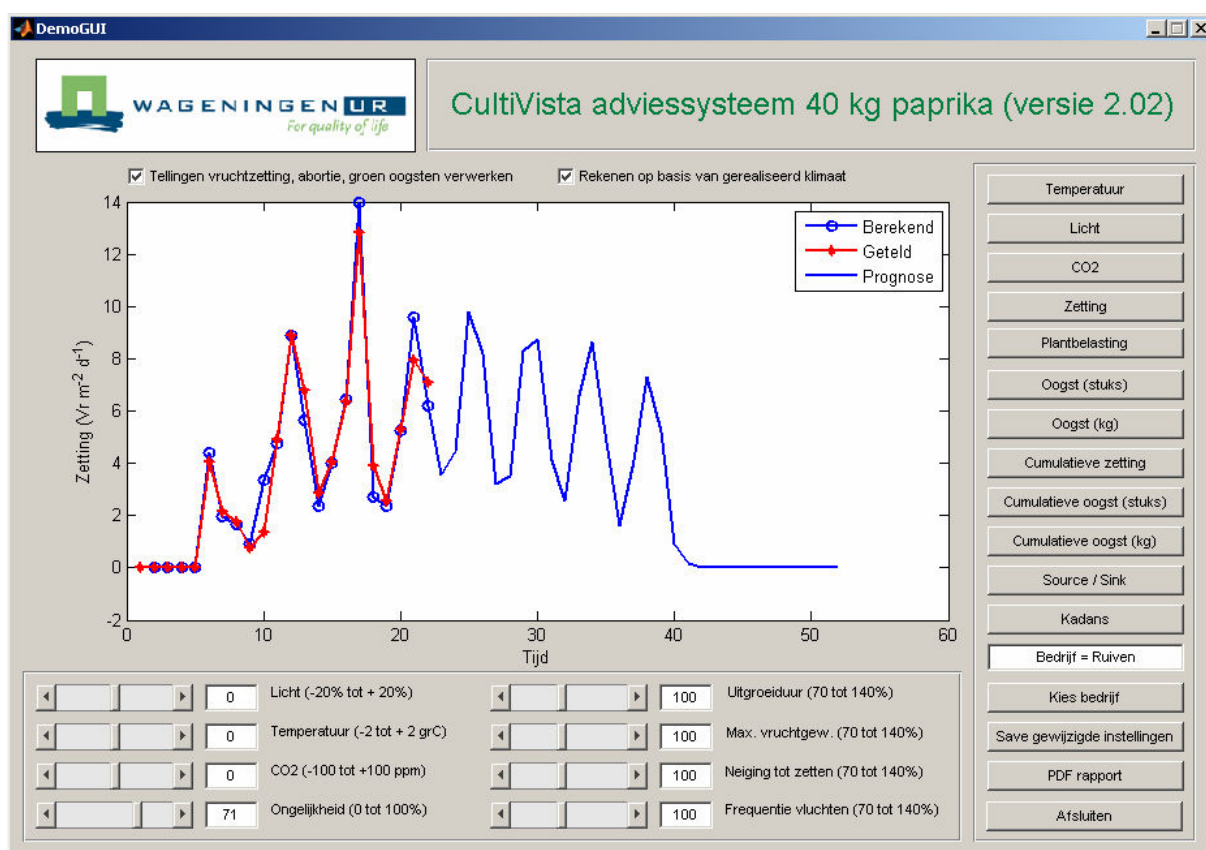
Tabel 5 De source (beschikbaarheid van assimilaten) en sink (energie vraag) van het gewas en de bijbehorende source/sink ratio. De source kan hoog zijn, bijvoorbeeld door relatief veel licht waardoor er veel assimilaten gemaakt worden, ten opzichte van de sink, bijvoorbeeld door een lage plantbelasting waarbij het gewas relatief weinig energie vraagt. De source/sink ratio is in dit geval hoog, wat de mogelijk tot zetting verhoogt (++).

Source	Sink	Source/sink ratio	Zetting?
Hoog; veel licht	Laag; lage plantbelasting	Hoog	++
Hoog; veel licht	Hoog; hoge plantbelasting	Gelijk	+/-
Laag; weinig licht	Laag; lage plantbelasting	Gelijk	+/-
Laag; weinig licht	Hoog; hoge plantbelasting	Laag	--
Middel; normaal licht	Hoog; hoge plantbelasting	Laag	-
Middel; normaal licht	Laag; lage plantbelasting	Hoog	+

Tot en met week 21 werden er wekelijks PDF bestandjes gemaakt om de berekende prognoses en scenario's te presenteren aan de adviseur en de telers.

8.3 Modeltoepassing vanaf week 22: interactief

In week 22 is het model voorzien van een interface waardoor het mogelijk werd om interactief scenario's voor prognoses te berekenen. De interface bestond uit één zichtbare grafiek, waarin naar keuze verschillende gemeten en berekende parameters getoond konden worden (zie Figuur 9, knoppen aan rechterkant). Door middel van schuifjes voor licht, temperatuur en CO₂ (zie Figuur 9, schuifjes links onder, zie Tabel 6 voor een overzicht van de variabelen en bereiken) werd het mogelijk om de effecten van deze factoren op de prognoses direct zichtbaar te maken in de zichtbare grafiek. Hierdoor konden ook effecten van combinaties van factoren, bijvoorbeeld meer licht en lagere temperatuur, direct bekeken worden. De hoeveelheid licht, temperatuur en CO₂ die er meer of minder doorgerekend konden worden zijn zo aangehouden dat het ook praktijkconform is. Door verschillende parameters te kiezen (zie Tabel 7 voor een parameter overzicht), konden de effecten van veranderingen in de factoren licht, temperatuur en CO₂ direct bekeken worden.



Figuur 9 Beeld van interactieve interface, die prognoses in grafiek toont en verschillende gemeten en berekende parameters in beeld kan brengen (knoppen).

Tabel 6 Te variëren variabelen in interface (zie Figuur 9) en het gekozen bereik van variatie. Deze variabelen konden door middel van schuifknoppen veranderd worden, berekeningen werden direct uitgevoerd en zichtbaar gemaakt voor de gekozen parameter in de interface grafiek.

Schuif - variabele	Bereik
Licht	-20% tot +20% t.o.v. langjarig gemiddelde
Temperatuur	-2°C tot +2°C t.o.v. standaard klimaat
CO ₂	-100 ppm tot +100 ppm t.o.v. standaard klimaat

Tabel 7 Keuze van parameters die m.b.v. knoppen zichtbaar gemaakt konden worden in de grafiek van de interface (zie knoppen aan rechterkant Figuur 9)

	Parameter	Eenheid
Klimaat	Temperatuur	°C
	Licht	W/m ²
	CO ₂	ppm
Telling	Zetting	Vruchten/m ² /week
	Plantbelasting	Vruchten/m ² /week
	Oogst (stuks)	Vruchten/m ² /week
	Oogst (kg)	Kg /m ² /week
	Cumulatieve zetting	Vruchten/m ²
	Cumulatieve oogst (stuks)	Vruchten/m ²
	Cumulatieve oogst (kg)	Kg/m ²
	Source/sink	(dimensieloos)

De interface met daarin het model kon als applicatie gebruikt worden, zonder het gebruik van speciale software. Deze applicatie is door WUR op de laptop van de adviseur geïnstalleerd, zodat modelberekeningen door de adviseur tijdens teeltbezoeken direct uitgevoerd konden worden. De input data voor deze berekeningen werden automatisch aangemaakt en dagelijks beschikbaar gesteld via een internetserver. De applicatie kon op deze manier direct de meest recente data downloaden en daarmee direct de gewenste berekeningen met het model uitvoeren.

- Het model op de laptop van de adviseur werd via een internetverbinding wekelijks geupdate met de gegevens van de deelnemende bedrijven

Met de schuifknoppen kon het model worden aangepast aan de gewasstand en aan het weer dat er werd voorspeld voor de komende periode. Het model voorspelde op deze manier redelijk goed de zetting en de oogst. Met name naar het laatste zetsel toe werkend was het een goed hulpmiddel. Het moment van zetting van het laatste zetsel is heel belangrijk voor de totale productie. Twee weken eerder of twee weken later zetting kan bij het laatste zetsel een verschil in productie van 2-3 kg per m² betekenen.

9 Evaluatie van de toepassing van het plantmodel

In de loop van dit project is het model op een belangrijk aantal punten verbeterd. Bovendien is duidelijk geworden welke dingen er verbeterd zouden moeten worden om het model geschikt te maken voor succesvolle toepassing in de praktijk. De onderstaande tabel geeft een overzicht van deze zaken.

Tabel 8. Status van kenmerken en gebruikerseisen van plantmodel per december 2009.

Kenmerk of gebruikerseis	gerealiseerd	verbeterpunt
1. Invloed variatie. Het model is aangepast van simulatie van één planttype naar een model dat de variatie binnen een gewas verdisconteert.	x	
2. Interactief bruikbaar. Model is interactief te gebruiken: schuifknoppen voor te verwachten lichtsom, temperatuur en CO ₂ -concentratie	x	
3. Continu beschikbaar. Het model is continu beschikbaar voor de teler		x
4. Herkenbare eenheden. Waarden bij schuifknoppen van percentages naar voor telers relevante eenheden	x	
5. Historie als startpunt. Gerealiseerde waarden blijven vast staan en hebben geen invloed meer op de prognose		x
6. Laatste zetting. Beter inzicht in sturingsmogelijkheden voor laatste zetting	x	
7. Meerwaarde voor telers. Telers zien (potentiële) meerwaarde in het model en willen ermee doorgaan 1. De drie telers die hebben meegedraaid in het project, waren enthousiast over het model. Zij gaven aan dat de prognose steeds beter overeen kwam met de gerealiseerde zetting en oogst. De drie telers willen in een vervolgproject zeker weer meedoen.	x	
8. Zinvolle grafieken. Selectie van grafieken die het meest zinvol voor telers zijn. 1. Er kan een veelheid aan grafieken gemaakt worden, maar het is nog niet duidelijk welke grafieken voor de teler de beste informatie opleveren om beslissingen te kunnen nemen		x
9. Terugblik. Mogelijkheid om terug te kijken op beslissingen in het verleden. 1. Het model rekent nu met de actuele gegevens. Om terug te kunnen kijken of beslissingen effect gehad hebben moet het mogelijk zijn om te rekenen vanaf een moment in het verleden. Op die manier kan de prognose van dat moment		x

Kenmerk of gebruikerseis	gerealiseerd	verbeterpunt
vergeleken worden met de gerealiseerde zetting en/of oogst, waardoor de keuze voor een beslissing geëvalueerd kan worden.		
10. Rekenen vanaf plantdatum. Het model kan rekenen vanaf de plantdatum <ol style="list-style-type: none"> 1. Het rekent nu een kalenderjaar vanaf 1 januari, en loopt dus hier niet synchroon met de werkelijk gehanteerde plantdata. Daardoor is er onvoldoende nut voor de eerste fase van het gewas en kunnen er geen prognoses voor de eerste zetting worden gemaakt. 		x
11. Prognoses vanaf begin. Een bedrijf dat het model gaat toepassen kan vanaf het begin na data-invoer prognoses verkrijgen. <ol style="list-style-type: none"> 1. Er is nu nog een bepaalde inregeltijd van enkele maanden nodig, voordat betrouwbare prognoses gegeven kunnen worden. Deze inregeltijd zal moeten verkort om het model beter bruikbaar te maken. 		x
12. Betrouwbare gewasregistratie. De methode van gewasregistratie is bewezen betrouwbaar om prognoses op te baseren. <ol style="list-style-type: none"> 1. De telvelden lijken in de loop van het seizoen minder representatief te worden voor het gehele gewas. Omdat het model afhankelijk is van correcte registratie van zetting (en oogst) moet er aandacht aan besteed worden om representatieve registratiegegevens te krijgen. Dit kan door bijvoorbeeld een andere manier van tellen te gebruiken ofwel aan te tonen dat het model zichzelf op een betrouwbare manier corrigeert. 		x
13. Vrije keuze dataplatform. De structuren voor datatransport maken toepassing van het model mogelijk op diverse platforms. <ol style="list-style-type: none"> 1. In dit project is er gewerkt met Letsgrow om de inputdata te verzamelen. Daarvoor is nog veel "handwerk" van WUR-mensen nodig geweest. Deze procedures moeten zo worden aangepast dat zonder meerwerk voor WUR grote aantallen telers gebruik zouden kunnen maken van het model en dat een teler zelf bepaalt welk dataplatform hij wil gebruiken. 		x

Wanneer de resultaten van dit onderdeel van het project gespiegeld worden aan de gestelde doelen (telers verkrijgen beter inzicht in sturingsmogelijkheden voor optimale productie; het model wordt gebruikersvriendelijker), kan worden geconcludeerd dat deze doelen zijn behaald. Er is nog een jaar nodig om het verder te verbeteren en beschikbaar te kunnen stellen aan grotere groepen telers. Hiervoor is het nodig dat er een aantal zaken worden aangepast, die als ontwikkelpunten in de bovenstaande tabel zijn weergegeven. In een vervolgjaar is zinvol wanneer de te bereiken doelen worden geformuleerd in termen die meetbaar en controleerbaar zijn.

10 Discussie

Met betrekking tot dit onderdeel van het project waren de volgende doelen gesteld:

1. telers verkrijgen beter inzicht in sturingsmogelijkheden voor optimale productie
2. het model wordt gebruikersvriendelijker
3. de gebruikerswensen worden in beeld gebracht.

De telers hebben aangegeven dat ze verder wilden gaan met het plantmodel. Als motivatie werd aangegeven dat het model hen bevestigde in hun voorgenomen teeltstrategie. De begeleidende teeltadviseur gaf daarbij aan dat het model helpt bij kwalitatief duidelijke keuzes (“iedereen weet dat je in die situatie de temperatuur omhoog moet gooien”) de te nemen beslissing ook te kwantificeren (“de etmaaltemperatuur kan 1,5 °C omhoog”). Daarmee kan worden geconcludeerd dat het inzicht in sturingsmogelijkheden met toepassing van het plantmodel verbeterd en dat het eerste doel is behaald.

Qua gebruikersvriendelijkheid en gebruikerswensen zijn wel grote stappen gezet, maar er moet ook worden geconcludeerd dat het doel op dit terrein onvoldoende helder was omschreven. Omdat er nog niet veel ervaring was met de toepassing van het plantmodel in praktische adviessituaties, was dit ook niet gemakkelijk te doen. Dit project heeft de mogelijkheid gegeven om de eisen die deze toepassing stelt op een rij te zetten. Het overzicht in tabel 8 geeft de eisen zoals ze in de loop van het jaar in beeld zijn gekomen, waarvan veel er direct of indirect met gebruikersvriendelijkheid te maken hebben. Vooral op het vlak van interactiviteit en begrijpelijkheid (herkenbare eenheden) zijn stappen gezet en kan worden gesteld dat de gebruikersvriendelijkheid is verbeterd. De intensieve begeleiding door een adviseur heeft mogelijke gebruikersonvriendelijke elementen misschien onopgemerkt gelaten. In een vervolgproject zullen meer telers worden betrokken, wat zeker nieuwe gezichtspunten oplevert met betrekking tot gebruikersvriendelijkheid. Wanneer het plantmodel zonder extra inspanningen van WUR Glastuinbouw via verschillende dataplatforms beschikbaar wordt gesteld zullen ook nieuwe inzichten over gebruikersvriendelijkheid aan het licht komen, evenals de beschikbaarstelling aan nog meer telers en meer adviseurs met minder intensieve begeleiding. Op dit terrein zullen we dus steeds alert moeten blijven.

11 Conclusies

1. De gestelde doelen zijn bereikt (1) meer inzicht bij telers in sturingsmogelijkheden voor zetting in paprika (2) een gebruikersvriendelijker toepassing van het plantmodel (3) verbeterpunten in kaart brengen.
2. Er is nog een jaar nodig om het plantmodel in zijn praktische toepassing verder te verbeteren, voor het beschikbaar gesteld kan worden aan grotere groepen telers. De ontwikkelpunten zijn in tabel 8 weergegeven.
3. In een vervolgjaar is zinvol wanneer de te bereiken doelen worden geformuleerd in termen die meetbaar en controleerbaar zijn.
4. In een vervolgtraject kunnen nieuwe gebruikerswensen aan het licht komen.

Onderdeel 3: Non-destructieve meting van plantbalans met Brix-bepaling

12 Inleiding en achtergronden Brix en plantbalans

12.1 Doelstelling

De werkhypothese is, dat via een meting van de Brix-waarde van bladsteeltjes in een paprikagewas bepaald kan worden in welke mate het gewas assimilaten beschikbaar heeft voor zetting. Deze hypothese is in dit projectonderdeel getoetst. Wanneer een Brix-meting een betrouwbare maat voor beschikbare assimilaten zou zijn en bovendien een betere voorspelling van zetting op zou leveren dan nu gebruikelijke methoden, kunnen met de verbeterde zettingsvoorspelling passender teeltmaatregelen worden genomen.

12.2 Definitie plantbalans

De plantbalans wordt gedefinieerd als de verhouding tussen vraag en aanbod van assimilaten. De assimilatenvraag wordt bepaald door vraag van assimilaten door het gewas en de vraag van de vruchten. De assimilatenvraag neemt toe naarmate er meer vruchten aan de plant hangen en is ook afhankelijk van de leeftijd van de vruchten en de etmaaltemperatuur. Circa 2 tot 5 weken na zetting is de assimilatenvraag veel groter dan kort na zetting en kort voor de oogst. Met een toenemende ontwikkelingssnelheid bij hogere etmaaltemperaturen zal ook de assimilatenvraag toenemen. Het aanbod van assimilaten is afhankelijk van de hoeveelheid opgevangen licht door het gewas en de CO₂ concentratie in de kas.

De zetting van paprika is afhankelijk van het evenwicht tussen vraag en aanbod van assimilaten en bepalend voor de vraag naar assimilaten in de toekomst. Door de zetting te sturen kan de assimilatenvraag in de toekomst afgestemd worden op het verwachte aanbod van assimilaten. Door de juiste plantbelasting te creëren kan de hoeveelheid assimilaten die naar de vruchten gaat gemaximaliseerd worden. Door voldoende vruchtgroei te realiseren kunnen assimilaten snel worden afgevoerd en is de fotosynthese maximaal. De balans in de plant kan berekend worden op basis van de gerealiseerde zetting en het gerealiseerde klimaat. Tot op heden is alleen de berekende plantbalans beschikbaar. Op basis van de berekende plantbalans wordt ingeschat hoe de groei en zetting gaan verlopen. Als de berekende plantbalans geen juiste weergave is van de werkelijke balans in de plant zullen de verwachtingen van modelberekeningen mogelijk afwijken van de werkelijke groei van de plant. Om meer duidelijkheid te krijgen in de werkelijke plantbalans is in dit onderzoek gezocht naar een mogelijkheid om de balans in de plant meetbaar te maken.

12.3 Zetting in relatie tot de plantbalans

Het verloop van de zetting speelt een belangrijke rol in de teelt van paprika. Alleen als het totale aantal gezette vruchten gedurende het seizoen maximaal is kan de maximale productie gerealiseerd worden. De zetting van paprika vindt plaats in zetsels waarbij perioden met veel zetting worden afgewisseld met weinig zetting. Naarmate in een periode meer zetting optreedt zal deze periode meestal gevolgd worden door een langere periode met weinig en minder zetting. Voor de regelmaat van de plantbelasting is het gunstig om een zo vlak mogelijk zettingsverloop te realiseren. Buiten het feit dat een vlak zettingsverloop niet realistisch is omdat de klimaatomstandigheden van grote invloed zijn op het zettingsverloop is het de vraag of dit ook leidt tot de maximale totale zetting. Waarschijnlijk neemt de totale zetting toe als een zekere variatie in zetting wordt gerealiseerd. Te grote schommelingen zijn echter ook niet gewenst omdat in dat geval periodes met te zware belasting met onvoldoende vegetatieve groei worden afgewisseld

met perioden van onvoldoende belasting en te weinig generatieve groei (=vruchtproductie). In dat geval zal de maximale zetting ook niet bereikt worden. Omdat het zettingsverloop belangrijk is voor het teeltresultaat wordt in het tweede deel van het onderzoek de relatie gelegd tussen de gemeten plantbalans in dit onderzoek en de gerealiseerde zetting op de bedrijven.

13 Materiaal en methode Brix en plantbalans

13.1 Destructieve bepalingen

Op 3 bedrijven worden in december 2008, januari, februari, april en mei 2009 destructieve metingen uitgevoerd. Per meetdatum zijn 6 planten meegenomen en in gedeeltes van drie nodia beoordeeld. Per drie nodia is het cumulatieve bladoppervlak uitgerekend en vervolgens is de lichtonderschepping berekend per 3 nodia. Op basis van de berekende lichtonderschepping is het berekende assimilatenaanbod over de verschillende nodia verdeeld. De relatie tussen lichtonderschepping en LAI is weergegeven in bijlage 6. De gemeten variabelen zijn weergegeven in bijlage 7.1. De bedrijfs- en teeltkenmerken per bemonsteringsadres zijn te vinden in bijlage 5. De bemonstering, analyses, verwerking en rapportage zijn alle gedaan door Groen Agro Control.

13.2 Tellingen en Brix-bepaling op bedrijven

Om meer inzicht te krijgen over de variatie van vraag en aanbod van assimilaten zijn van 6 maart t/m 16 juni 2009 wekelijks tellingen uitgevoerd aan 6 planten per bedrijf. Tevens zijn van de gemeten planten gewasmonsters genomen voor bepaling van drogestofgehaltes van bladeren en bladsteel en het Brix-getal van de bladsteel. In totaal zijn 595 stengels beoordeeld. Per plant zijn steeds de bovenste 16 nodia beoordeeld. Nodium 1 is daarbij gedefinieerd als het nodium boven het eerste internodium langer dan 3 cm. Hogere nodiumnummers bevinden zich lager in de plant. Per nodium is de vraag en het aanbod van assimilaten berekend (zie bijlage 7.2), hierbij is gebruik gemaakt van de bladoppervlaktebepalingen uit de destructieve metingen. Per stengel zijn ongeveer 200 variabelen geanalyseerd, verdeeld over de verschillende segmenten van de planten (totaal ca. 120.000 getallen)

13.3 Statistische analyse

13.3.1 Plan van aanpak

In eerste instantie is met de dataset van wekelijkse plantmetingen op de drie bedrijven getoetst welke meetbare variabelen indicatief zijn voor de balans in de plant. Omdat de plantbalans afhankelijk is van verschillende dynamische processen is dit uitgevoerd met regressieanalyse in Genstat. Op het moment dat er duidelijke samenhang bestaat tussen een meetbare responsparameter en de geselecteerde verklarende parameters geeft de responsparameter een indicatie van de balans in de totale plant (zie 14.3.2).

Omdat in de plantwaarnemingen op de bedrijven geen zetting is waargenomen zijn de plant waarnemingen en bedrekening per week per bedrijf gemiddeld en gecorreleerd aan de gerealiseerde zetting op de bedrijven.

Op die manier is getoetst door welke variabelen de zetting beïnvloed wordt (zie 14.3.3).

13.3.2 Analyse wekelijkse plantmetingen

De samenhang tussen de verschillende variabelen is getoetst vanuit de hypothese dat vraag en aanbod van assimilaten de balans in de plant bepalen. Op basis van die hypothese zijn een aantal responsvariabelen geselecteerd voor regressieanalyse met alle beschikbare verklarende variabelen. De verschillende responsvariabelen die onderzocht zijn:

- Alle combinaties van Brix-getal in bladstelen van nodia 2, 5, 8 en 11
- Drogestofgehaltenes in de bladstelen van nodia 2, 5, 8 en 11
- Drogestofgehaltenes in de bladeren van nodia 2, 5, 8 en 11

Omdat het Brix-getal in de bladstelen de beste samenhang vertoonde met de verklarende variabelen is het model vervolgens in detail uitgewerkt tot het model Brix-waarde. Er bleken veel factoren met elkaar samen te hangen, zoals bijvoorbeeld toename van temperatuur, datum, licht en gelijktijdig afname van bijvoorbeeld CO₂. Daarom is ervoor gekozen om bij uitwisselbaarheid van variabelen zoveel mogelijk variabelen te selecteren die in relatie staan met de assimilatenbalans in de plant.

13.3.3 Analyse gerealiseerde zetting

Omdat er van de afzonderlijke planten bladeren verwijderd zijn voor de Brix-bepaling konden van die planten geen representatieve zettingsgegevens verzameld worden. Daarom is gebruik gemaakt van de zetting zoals die door de bedrijven is geregistreerd. Nadeel is dat het aantal herhalingen drastisch afnam van 12 tot 18 naar 1. Derhalve is deze dataset vrij klein maar er kon wel een relatief sterke correlatie worden aangetoond tussen een aantal verklarende variabelen met de gerealiseerde zetting als respons.

14 Resultaten

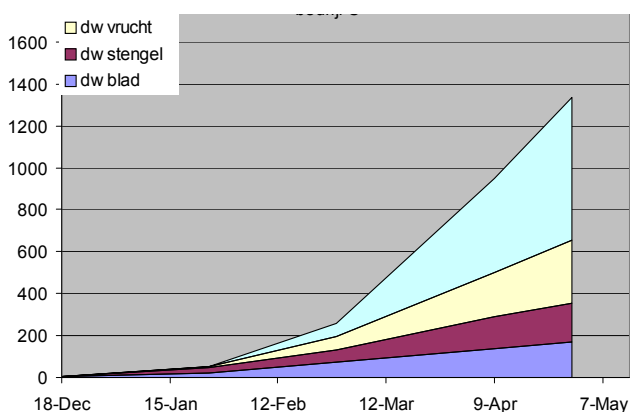
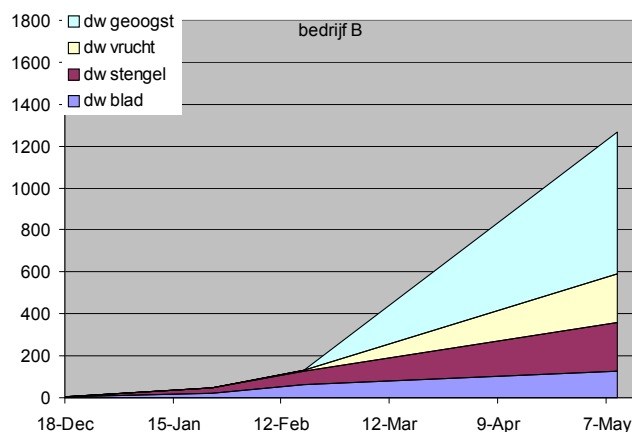
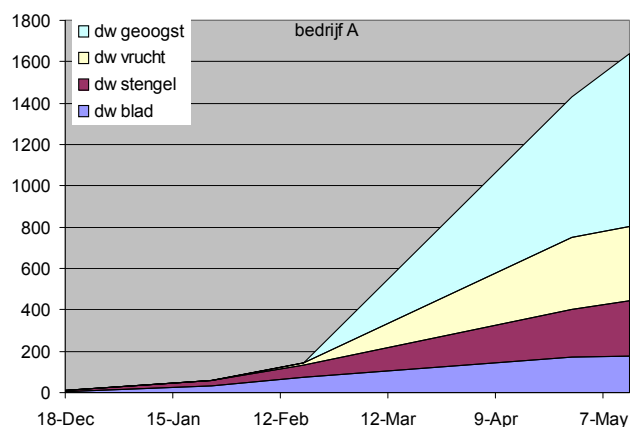
14.1 Inleiding

Om de de productie te kunnen optimaliseren is het belangrijk om de zetting van paprika's te kunnen sturen. Om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheid om de zetting te kunnen sturen is gezocht naar een meetbare parameter die gekoppeld is aan de zetting. In eerste instantie is de samenhang van vraag en aanbod van assimilaten in relatie tot deze parameter onderzocht (15.2 en 15.3). Vervolgens is gekeken naar mogelijkheid of deze parameter gebruikt kan worden om de zetting te voorspellen (15.4). In 15.2 zijn de resultaten van de destructieve metingen samengevat. Met deze metingen is gecontroleerd of het berekende aanbod van assimilaten overeenkomt met de gerealiseerde groei (uitgedrukt in grammen drogestof). Het berekende aanbod van assimilaten wordt gebruikt bij het analyseren van de plantwaarnemingen. Tevens is de verdeling van het bladoppervlak gebruikt voor de verdeling van het aanbod van assimilaten over de nodia van de plant.

De analyse van de resultaten is in twee stappen uitgevoerd. In de eerste stap (15.2) wordt op basis van de destructieve metingen en de plantwaarnemingen op de bedrijven een relatie gelegd tussen de Brix-waarde en de verklarende variabelen (zie bijlage 7). Hier wordt nagegaan of de Brix-waarde een representatieve indicatie is van de assimilatenbalans in de plant. In het tweede deel van de resultaten (15.3) wordt gekeken naar samenhang tussen de gemiddelde waarden van de destructieve metingen in relatie tot de gerealiseerde zetting op de bedrijven. Hier wordt duidelijk in hoeverre de Brix-waarde in de bladsteel bij kan dragen aan een goede voorspelling van de zetting. Daarnaast is onderzocht welke van de overige gemeten variabelen bij kunnen dragen aan een betere voorspelling van de zetting (bijlage 7).

14.2 Gewasgroei - destructieve metingen

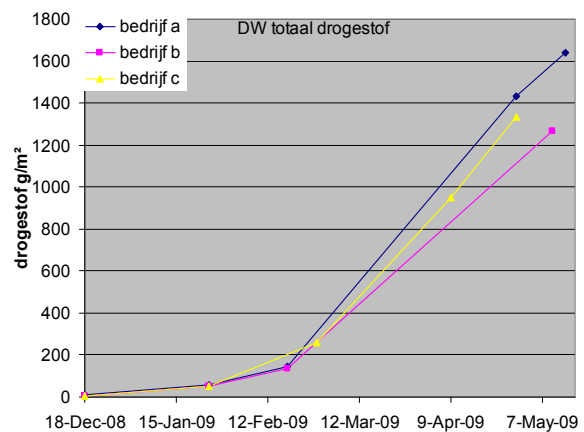
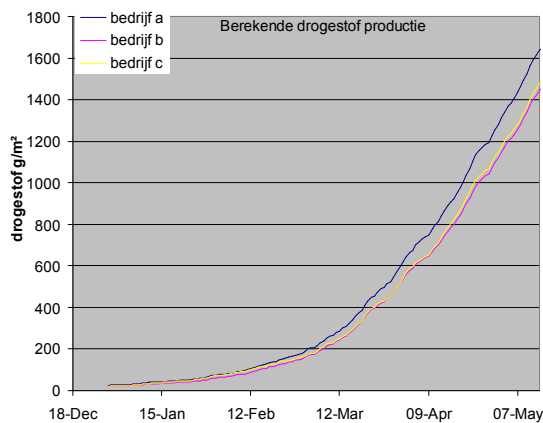
Om een inschatting te maken van het beschikbare bladoppervlak en de verdeling van assimilaten in de plant zijn op verschillende tijdstippen destructieve metingen uitgevoerd. Op bedrijf A is de meeste drogestof aangemaakt (figuur 14) en zijn relatief veel assimilaten in de stengel terecht gekomen (figuur 10). Dit komt overeen met de berekende drogestofproductie (figuur 13). Op bedrijf B zijn totaal iets minder assimilaten aangemaakt dan op bedrijf A, door het relatief lage stengelaandeel ligt het geproduceerde vruchtgewicht dichtbij die van bedrijf A. Ook hier komt de gemeten drogestofproductie overeen met de berekende drogestofproductie (figuren 13 en 14).



Figuren 10 t/m 12: Verdeling van assimilaten op de drie bedrijven over blad, stengel, vruchten aan de plant en de geoogste vruchten

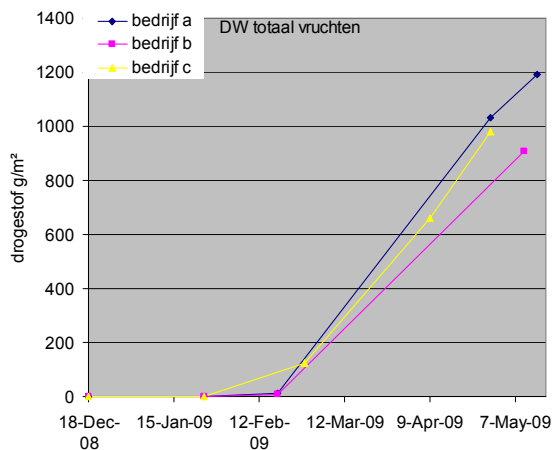
Tabel 9: gemiddelde CO₂ en instraling in de periode 29-12-08 t/m 14-05-09 gebruikt voor berekening van de geproduceerde hoeveelheid drogestof in figuur 13.

	CO ₂	straling
bedrijf a	1048	1012
bedrijf b	815	1083
bedrijf c	990	959



Figuur 13: Berekende drogestofproductie in g drogestof/m² op bedrijven a, b en c

Figuur 14: Gemeten drogestofproductie in g drogestof/m² op bedrijven a, b en c



Figuur 15: Totaal drooggewicht in de vruchten aan de plant en de geoogste vruchten (g drogestof/m²)

Op bedrijf B is de invloed van het lagere aantal planten per m² zichtbaar. De opbouw van het bladoppervlak gaat langzamer (figuur LAI, bijlage 6). Door de lagere lichtonderschepping kunnen minder assimilaten worden aangemaakt dan op de andere twee bedrijven. Dit is goed terug te vinden: in figuur 5 blijkt dat de gerealiseerde totale drogestofproductie lager is dan de andere twee bedrijven. Dit komt niet terug in figuur 13. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door een afwijking van de lichtmeter op dit bedrijf. Bedrijven A en B liggen dicht bij elkaar. Als gerekend wordt met 8% minder beschikbaar licht dan komen gerealiseerde en berekende drogestofproductie wel met elkaar overeen. Meer figuren zijn weergegeven in bijlage 8.

14.3 Brixmeting in relatie tot plantbalans

14.3.1 Model

Na analyse van de dataset van de waarnemingen van de plantbalans op de bedrijven (13.2) bleek de som van het Brix-getal van de bladstelen van nodia 5, 8 en 11 de beste indicatie te zijn voor de balans in de plant. Op basis van de uitgevoerde regressieanalyses is het best passende model (correlatiecoëfficiënt $r^2 = 0,76^1$) gevonden met de volgende variabelen:

- berekende assimilatsom laatste 3 dagen nodia 1 t/m 3 (gram drogestof/m²)
- Brix-getal nodium 2 (°Brix)
- bedrijf (A, B, C)
- totaal berekende assimilaten laatste 3 dagen alle nodia (gram drogestof/m²)
- gemiddelde temperatuur laatste 3 dagen (°C)
- drogestofgehalte bladeren nodium 2 (%)

Tabel 10: ¹ Minimum, gemiddelde en maximum waarden van de relevante variabelen voor het model Brix-getal nodia 5, 8 en 11

Verklarende variabelen	Minimum	gemiddelde	Maximum
Berekende assimilatsom laatste 3 dagen nodia 1 t/m 3 (g drogestof/3 dagen/m ²)	0,4	6,1	13,9
Brixgetal nodium 2 (°Brix)	2,5	5,1	9,0
Bedrijf	-0,2	0,2	0,8
totaal Berekende assimilaten laatste 3 dagen alle nodia (g drogestof/3 dagen/m ²)	15	55	101
Gem temperatuur laatste 3 dagen (°C)	9	22	24
Drogestof-gehalte bladeren nodium 2 (%)	0,1	0,2	0,4
Respons variabele: Brix-getal nodia 5,8 en 11 (°Brix)	7,5	11,0	14,6

14.3.2 Voorspellen van het Brix-getal

Om een indruk te krijgen van de invloed van de verklarende variabelen is het Brixgetal voorspeld voor een lage, gemiddelde en hoge waarde van de verschillende variabelen (tabel 11). Bij toename van de berekende assimilatsom bovenin de plant (nodia 1 t/m 3) neemt het Brix-getal behoorlijk toe. De totale hoeveelheid aangemaakte assimilaten verlaagt het Brix-getal in lichte mate. Bij een hogere temperatuur neemt het Brix-getal iets af. Toename van het drogestofgehalte van de bladeren in nodium 2 en een hoger drogestofgehalte van de bladeren in nodium 2 gaan samen met een hoger Brix-getal van de nodia 5, 8 en 11.

¹ Bij een r^2 van 100 is de het verband tussen de variabelen maximaal, bij een r^2 van 0 is er geen enkel verband. In tabel is de minimum, gemiddelde en maximum waarde van de verschillende variabelen uit de dataset weergegeven. Dit is van belang omdat het model alleen geschikt is voor gebruik in het gebied tussen de minimum en maximum waarde.

Tabel 11: Voorspellingen uit regressiemodel Brix-getal nodia 5,8 en 11

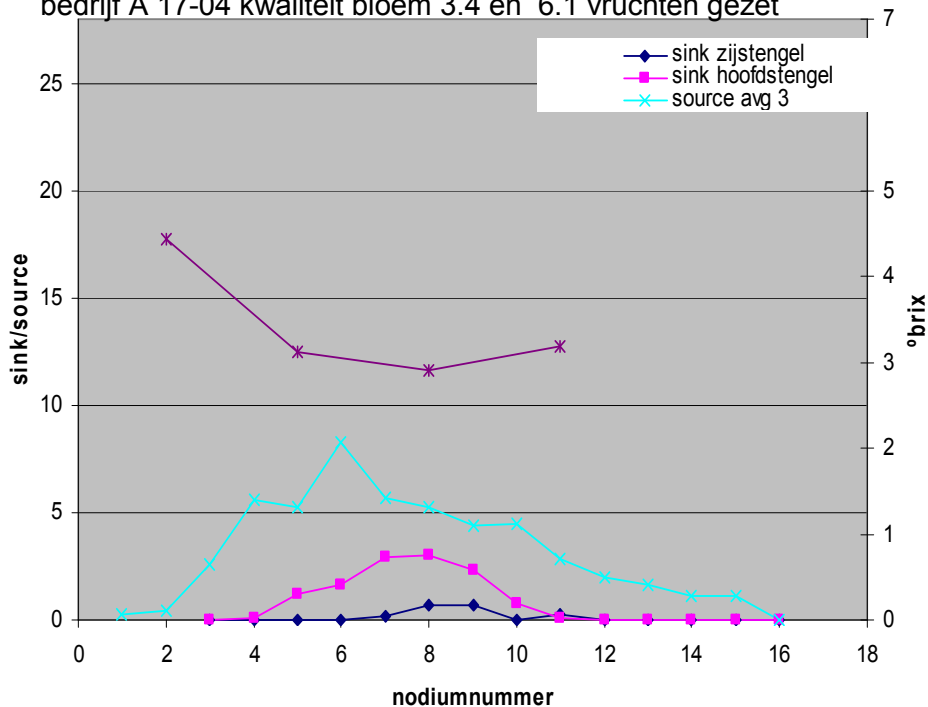
<i>Parameter</i>	<i>waarde</i>	<i>Voorspelde Brix-getal 5, 8, 11</i>
Berekende assimilaten som laatste 3 dagen nodia 1 t/m 3 (g drogestof/3 dagen/m ²)	1	9,2
	7	11,4
	13	13,5
Brixgetal nodium 2 (°Brix)	3	9,7
	5	11,0
	8	13,0
Bedrijf	A	10,8
	B	11,6
	C	10,6
Totaal berekende assimilaten laatste 3 dagen alle nodia (g drogestof/3 dagen/m ²)	15	11,9
	60	11,0
	80	10,6
Gem. temperatuur laatste 3 dagen (°C)	19	10,8
	21	11,0
	24	11,3
Drogestofgehalte bladeren nodium 2 (%)	0,14	10,6
	0,25	11,3
	0,36	11,9

14.4 Plantbalans in relatie tot zetting

14.4.1 Relatie waarnemingen op de bedrijven en gerealiseerde zetting

Per datum is uit de dataset “Brixmeting in relatie tot plantbalans” (15.3) een gemiddelde uitgerekend van de verdeling van het gemiddelde assimilatenaanbod en de sinksterkte over de verschillende nodia. Als voorbeeld zijn de resultaten van bedrijf A op vier opeenvolgende weken weergegeven. Deze gemiddelde data zijn gebruikt voor de berekeningen in 14.5.2.

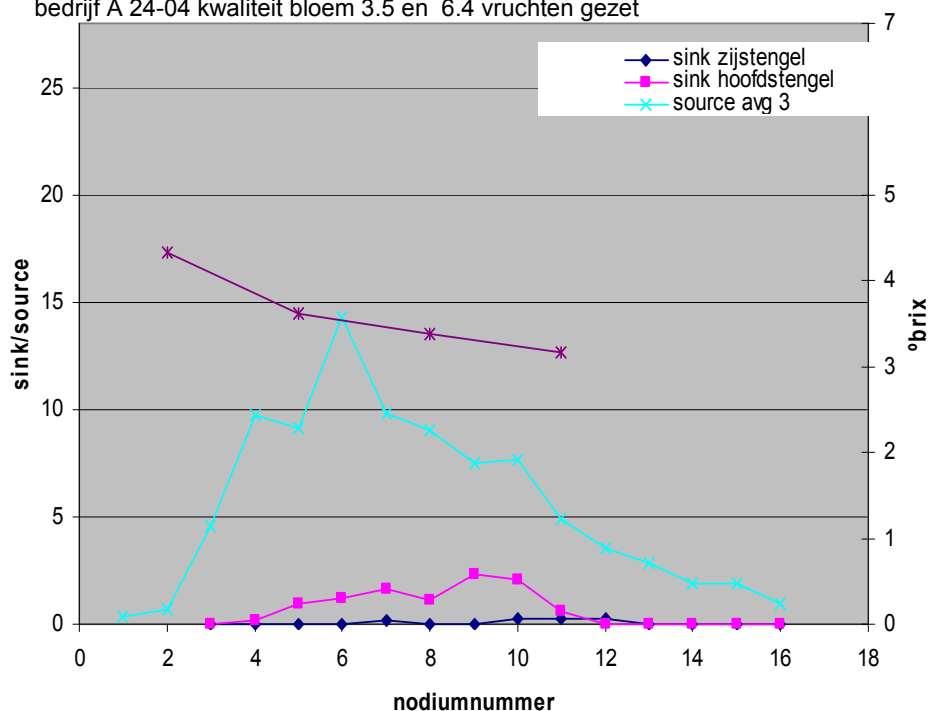
bedrijf A 17-04 kwaliteit bloem 3.4 en 6.1 vruchten gezet



Figuur 16 t/m 19: Verhouding van source en sink bij de verschillende nodia in relatie tot de gemeten Brix-waarde (donker paarse lijn)

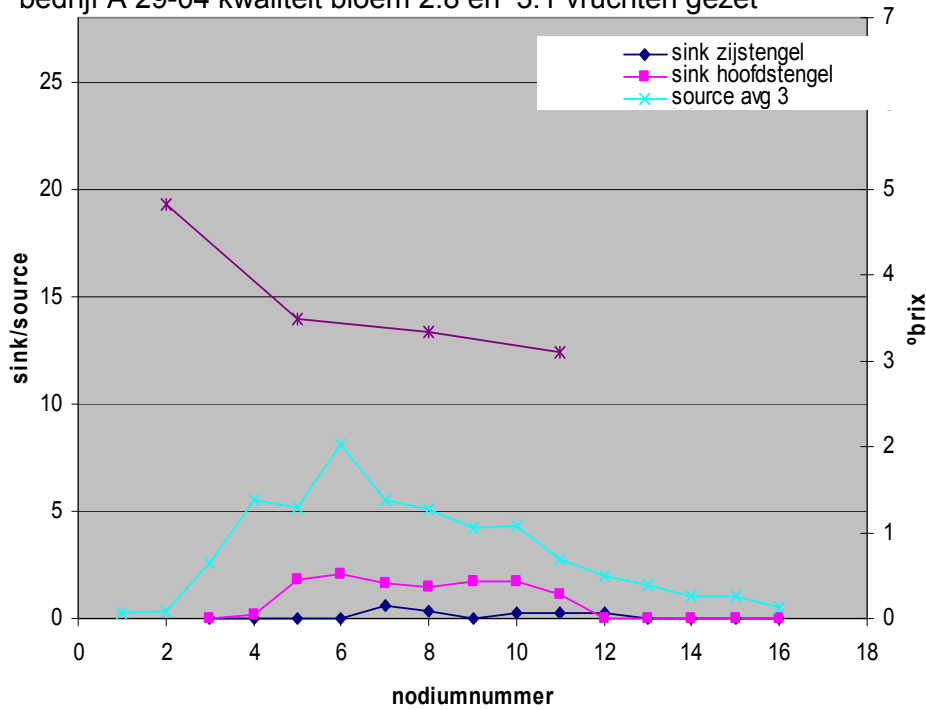
Figuur 16: Sterke concentratie sink rond nodium 8, laagste Brix- bij nodium 8

bedrijf A 24-04 kwaliteit bloem 3.5 en 6.4 vruchten gezet



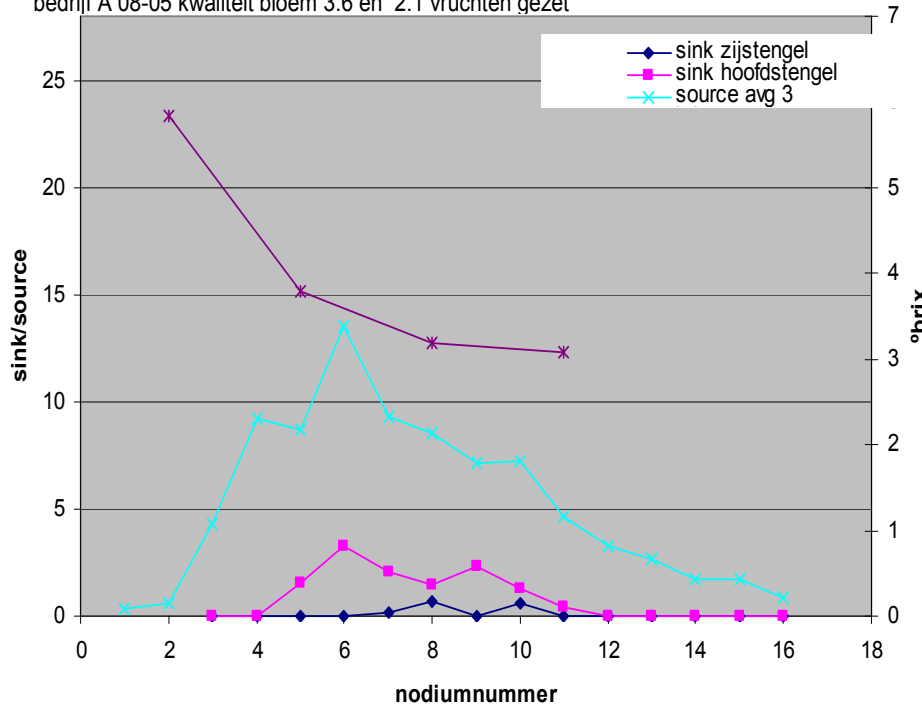
Figuur 17: Relatief veel sink bij nodium 10, laagste Brix- bij nodium 11.

bedrijf A 29-04 kwaliteit bloem 2.8 en 3.1 vruchten gezet



Figuur 18:
sink breed verdeeld
tussen nodia 5 en
12, laagste Brix- bij
nodium 11

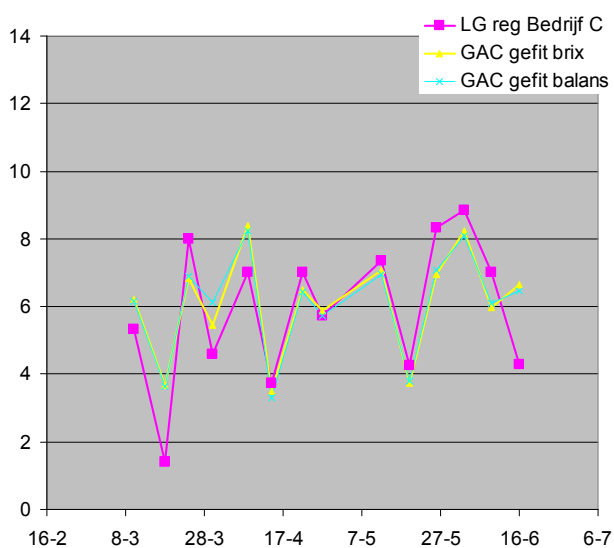
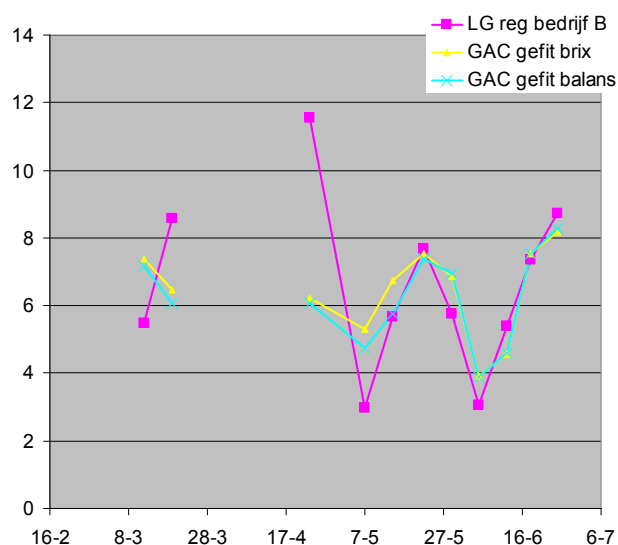
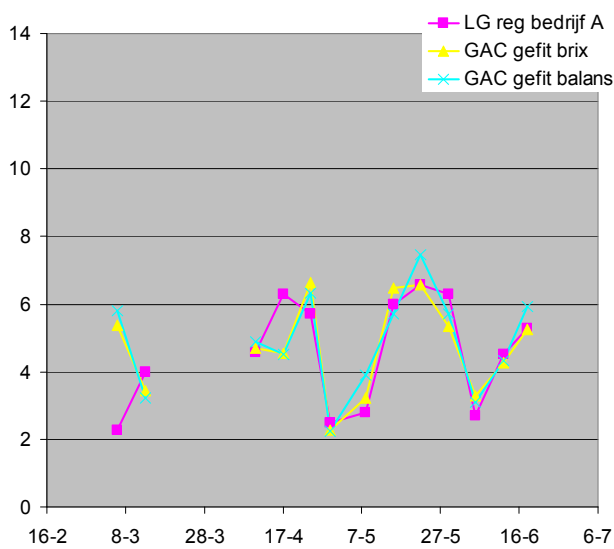
bedrijf A 08-05 kwaliteit bloem 3.6 en 2.1 vruchten gezet



Figuur 19:
Relatief veel sink bij
nodium 6, laagste
Brix- bij nodium 11,
hoog Brix-getal bij
nodium 2

14.5 Voorspellen van de zetting

De gemiddelde parameters van de destructieve metingen zijn gefit met de in Letsgrow geregistreerde zetting als reponsvariabele. Er zijn twee geschikte modellen gevonden die de zetting goed kunnen voorspellen (figuren 20 t/m 22). Beide modellen zijn gebaseerd op de plantbalans. Het blijkt dat het Brix-getal van de bladsteel in nodium 2 en het Brix-getal van de bladsteel in nodium 5 uitwisselbaar zijn. Het eerste model gaat uit van de gemeten Brix-waarden in combinatie met de berekende sinksterkte (14.5.1), het tweede model gaat uit van de berekende aanbod van assimilaten en de berekende sinksterkte (14.5.2). Beide modellen zijn onafhankelijk van de bedrijfsafhankelijke factoren.



Figuren 20 t/m 22:

De geregistreerde zetting (LG = Letsgrow registratie van het bedrijf) en de voorspelde zetting op basis van Brix-meting (GAC gefit brix) en de berekende balans (GAC gefit balans) op de bedrijven A, B en C (GAC = Groen Agro Control).

14.5.1 Model Brix-waarde

De verklarende variabelen zijn Brix-waarde van bladsteel nodium 2, Brix-waarde van bladsteel nodium 5, de gemiddelde assimilatenvraag van de vruchten in nodium 5, totale sink van de vruchten aan de zijstengels, kwaliteit van de hoofdbloem en de gemiddelde temperatuur van de laatste 3 dagen. In tabel 12 is de minimum, gemiddelde en maximum waarden van deze variabelen aangegeven. Dit is van belang omdat het model alleen geschikt is voor gebruik in het gebied tussen de minimum en maximum waarde.

Tabel 12 : Minimum, gemiddelde en maximum waarden van de relevante variabelen voor het model Brix-waarde

	minimum	gemiddelde	maximum
gemiddelde assimilatenvraag van de vruchten in nodium 5	0,3	1,1	2,1
gemiddelde temperatuur van de laatste 3 dagen (°C)	18,9	21,7	23,9
totale sink van de vruchten aan de zijstengels	0,0	0,9	3,5
Brixwaarde van bladsteel nodium2 (°Brix)	3,4	4,9	6,4
Kwaliteit hoofdbloem vorige week(1=zwak, 5 = sterk)	2,3	3,4	4,0
Brixwaarde van bladsteel nodium5 (°Brix)	2,4	3,7	4,9
Voorspelde zetting (vruchten/m ² /week)	2,3	5,7	8,4

Om een indruk te krijgen van de invloed van de zetting van de verschillende variabelen is de zetting voorspeld voor een aantal waardes van de voorspellende variabelen (tabel 13 en 14).

Tabel 13: Voorspellingen uit regressiemodel Brix-waarde

Parameter	waarde	Voorspelde zetting (vr/week)
Gemiddelde assimilatenvraag van de vruchten in nodium 5	0,3	8,0
	1,1	5,9
	2,1	3,3
Gemiddelde temperatuur van de laatste 3 dagen(°C)	19,0	3,9
	21,5	5,4
	24,0	6,9
totale sink van de vruchten aan de zijstengels	0	6,6
	1	5,6
	2	4,6
Kwaliteit hoofdbloem vorige week(1=zwak, 5 = sterk)	2,3	5,0
	3,3	5,6
	4,3	6,2

Conclusies:

- Meer vruchten (assimilatenvraag) in nodium 5 geeft minder zetting
- Lagere gemiddelde temperatuur geeft minder zetting
- Meer zijvruchten geeft iets minder zetting
- Lagere kwaliteit hoofdbloem geeft minder zetting

Tabel 14: Invloed van de Brix-waarde op de voorspelde zetting

Brix-waarde van bladsteel nodium2 (°Brix)	Brix-waarde van bladsteel nodium5		
	4	5	6
4	6,8	8,3	9,8
5	5,9	7,4	8,9
6	5,0	6,5	7,9

Conclusies:

- Hoge Brix-waarde bladsteel nodium 5 geeft meer zetting
- Hoge Brix-waarde in bladsteel nodium 2 geeft minder zetting

14.5.2 Model berekend aanbod

Op basis van het berekende assimilatenaanbod van de bladeren van nodium 1 t/m 3, de gemiddelde assimilatenvraag van de vruchten in nodium 5, totale sink van de vruchten aan de zijstengels en de gemiddelde temperatuur van de laatste 3 dagen in tabel 15, zijn de minimum, gemiddelde en maximum waarden van deze variabelen aangegeven. Dit is van belang omdat het model alleen geschikt is voor gebruik in het gebied tussen de minimum en maximum waarde. Om een indruk te krijgen van de invloed van de zetting van de verschillende variabelen is de zetting voorspeld voor een aantal waardes van de voorspellende variabelen (tabel 15 en 16).

Tabel 15 : Minimum, gemiddelde en maximum waarden van de relevante variabelen voor het model berekend aanbod.

	Minimum	gemiddelde	maximum
gemiddelde temperatuur van de laatste 3 dagen (°C)	18,9	21,7	23,9
berekende assimilatenaanbod van de bladeren van nodium 1t/m3 (g drogestof/3 dagen)	1,0	5,0	11,9
totale sink van de vruchten aan de zijstengels	0,0	0,9	3,5
Kwaliteit hoofdbloem vorige week (1=zwak, 5 = sterk)	2,3	3,4	4,0
Gemiddelde assimilatenvraag van de vruchten in nodium 5	0,3	1,1	2,1
Voorspelde zetting (vruchten/m ² /week)	2,3	5,7	8,3

Tabel 16: Voorspellingen uit regressiemodel berekend aanbod.

Parameter	waarde	Voorspelde zetting (vr/week)
Gemiddelde assimilatenvraag van de vruchten in nodium 5	0,3	8,1
	1,1	5,9
	2,1	3,1
Gemiddelde temperatuur van de laatste 3 dagen(°C)	19,0	4,5
	21,5	5,5
	24,0	6,5
Totale sink van de vruchten aan de zijstengels	0	6,6
	1	5,6
	2	4,6
Kwaliteit hoofdbloem vorige week(1=zwak, 5 = sterk)	2,3	5,3
	3,3	5,6
	4,3	6,0
Berekend assimilatenaanbod van de bladeren van nodium 1t/m3 (g drogestof/3 dagen)	1	4,7
	5	5,6
	10	6,6

Conclusies:

- Meer vruchten (assimilatenvraag) in nodium 5 geeft minder zetting
- Lagere gemiddelde temperatuur geeft minder zetting
- Meer zijvruchten geeft iets minder zetting
- Lagere kwaliteit hoofdbloem geeft minder zetting
- Groter aanbod van assimilaten geeft meer zetting

15 Discussie Brix en plantbalans

15.1 Brix-getal maat voor assimilatenaanbod

Het Brix-getal in de bladstelen van nodium 5, 8 en 11 geeft van alle getoetste indicatoren een goede indicatie van het aanbod van assimilaten in de plant. Het Brix-getal is hoger naarmate:

- Absoluut meer assimilaten gevormd worden in de bovenste drie nodia.
- Relatief minder assimilaten lager in het gewas gevormd worden.
- De etmaaltemperatuur hoger wordt
- Het gehalte drogestof in het blad van nodium 2 toeneemt
- Het Brix-getal in nodium 2 hoog is

Bij veel beschikbaarheid van assimilaten bovenin het gewas is sprake is van een hoog Brix-getal in de bladstelen van nodium 5 t/m 8. Daarnaast neemt het Brix-getal toe bij stijging van de temperatuur. De assimilatenvraag van de vruchten heeft geen aantoonbare invloed gehad op het Brix-getal.

15.2 Voorspellen van zetting

De zetting van paprika is afhankelijk van de assimilatenvraag en het aanbod bovenin het gewas. Vooral de assimilatenvraag van de vruchten in nodium 5 is van invloed op de zetting. De totale sink van de vruchten op de zijstengels speelt ook een rol waarbij het nodiumnummer van de vruchten geen rol speelt. De vruchten die lager aan de hoofdstengel hangen hebben geen aantoonbare invloed op de zetting. Het aanbod van assimilaten speelt ook een rol bij de zetting van de vruchten. Het aanbod kan berekend worden op basis van de onderschepde hoeveelheid licht in nodium 1 t/m 3 of door meting van het Brix-getal in de bladsteel van nodium 2 en 5.

De bloemkwaliteit is medebepalend voor het aantal gezette vruchten, sterke bloemen zetten gemakkelijker dan zwakke bloemen.

De temperatuur speelt ook een rol bij het zettingsverloop. In deze dataset werd bij een hogere temperatuur meer zetting gerealiseerd. Dit kan veroorzaakt zijn door toename van de ontwikkelingssnelheid of door een groter percentage gezette vruchten. Het is aannemelijk dat een hogere temperatuur niet altijd zal leiden tot verhoging van de zetting. Als er heel weinig assimilaten beschikbaar zijn zal verhoging van de temperatuur juist averechts werken. Waarschijnlijk zijn deze omstandigheden niet voorgekomen gedurende de proefperiode. Bij voldoende aanbod van assimilaten zal verhoging van de temperatuur de zetting stimuleren. De opgestelde modellen geven een redelijke inschatting van de zetting. De bruikbaarheid van deze modellen moet nog getoetst worden in een andere dataset. Vervolgens kunnen die resultaten vergeleken worden met bestaande modellen.

15.3 Stuurbaarheid van zetting, strategie ontwikkeling

De constatering dat de zetting vooral afhangt van het assimilatenaanbod en de gezette vruchten bovenin de plant en minder van de totale sinksterkte is een nieuw inzicht en kan aanknopingspunten geven om de zetting beter te kunnen sturen. Belangrijk is om te constateren dat de plantbelasting vanaf nodium 6 en lager in de onderzochte dataset minder invloed had op de zetting. Omdat de assimilatenvraag van deze vruchten wel invloed heeft op de gewasgroei (dus bladoppervlak van nodium 1 t/m 3) en de kwaliteit van de bloemen heeft plantbelasting indirect wel invloed op de zetting. Dit effect komt echter pas later tot uiting. Het bladoppervlak van nodium 1 t/m 3 wordt kleiner en de bloemkwaliteit wordt minder ten gevolge van de hoge plantbelasting in de periode daarvoor.

Omdat de zetting van paprika volgens dit onderzoek afhankelijk is van veel factoren is het niet mogelijk om een concreet voorschrift te geven hoe de zetting gestuurd kan worden. Toch kan wel een globale strategie opgesteld worden waarbij de zetting beter stuurbaar wordt.

Het is belangrijk te realiseren dat een relatief hoge temperatuur, voldoende assimilaten-aanbod in de bovenste drie nodia en kwalitatief goede bloemen belangrijk zijn voor zetting. Het assimilatenaanbod wordt bepaald door het bladoppervlak van de bovenste drie nodia, de instraling van de laatste drie dagen en het drogestofgehalte in het blad. Door in een donkere periode eerst (bijvoorbeeld gedurende 1 week) relatief koel te telen en enige reserve in de bladeren (d.w.z. een hoger drogestofgehalte) op te bouwen en daarna de temperatuur te verhogen zal de zetting gestimuleerd worden. Als in die periode alleen koel of warm geteeld wordt dan zal de zetting tegenvallen.

Daarnaast is het belangrijk om de plantbelasting zodanig te sturen zodat de gewasgroei en de bloemkwaliteit altijd optimaal is. Strategisch is het daarom van belang om het zettingsverloop te sturen op basis van de gewenste plantbelasting voor de verwachte straling in de komende periode.

15.4 Model resultaten in relatie tot praktijkervaringen

De opgestelde modellen komen overeen met een aantal ervaringen van telers uit de praktijk:

- Een lage kasttemperatuur levert op korte termijn niet meer zetting op dan een hogere kasttemperatuur.
- De zetting kan pas plaats vinden bij een minimale dikte van de stengel
- Eerst hergroei van een gewas nodig is voordat zetting plaats kan vinden

Tevens zijn de opgestelde modellen in overeenstemming met een resultaat van de teeltproef bij WUR:

- De zetting neemt toe naarmate er boven in het gewas meer assimilaten aangemaakt worden. In de proefkas zijn de planten verdeeld over twee gewasdraden terwijl de planten in de referentiekas aan één draad hingen. Dit betekent dat nodia 1 t/m 3 in de referentiekas meer licht konden opvangen en dus meer assimilaten beschikbaar hadden dan de planten in de referentieafdeling. Dit had meer zetting in de proefkas tot gevolg terwijl de vruchten kleiner bleven. Ook dit is een bevestiging dat de sinksterkte lager in het gewas niet sterk bepalend is voor de zetting maar de aanmaak van assimilaten bovenin het gewas wel.

15.5 Vruchtproductie

Het onderzoek is vooral gericht geweest op de zetting in relatie tot de balans in de plant. Voor een teler is de vruchtproductie belangrijk. De vruchtproductie wordt bepaald door het aantal gezette vruchten en het gemiddelde vruchtgewicht. Naar verwachting zal het gemiddelde vruchtgewicht beïnvloed worden door de verticale verdeling van assimilaten in het gewas. Omdat in dit onderzoek is gebleken dat de assimilatenvraag van de vruchten niet bepalend is voor het brixgetal in de stelen lijkt de plaats waar het licht wordt opgevangen belangrijk. Naarmate de assimilaten dichter bij de uitgroeiende vruchten worden aangemaakt zal een groter deel in de vruchten terecht komen en het gemiddelde vruchtgewicht toenemen. Dit betekent in dat geval automatisch er bovenin het gewas minder assimilaten beschikbaar komen en dat de gewasgroei ovenin en de bloemkwaliteit zal afnemen.

16 Conclusies Brix en plantbalans

1. Het Brix-getal in bladstelen van nodia 5, 8 en 11 is een maat voor het aanbod van assimilaten in het totale gewas
 - Het wordt bepaald door (1) het licht dat door het bladoppervlak wordt opgevangen in nodia 1 t/m 3; (2) de voorraad van assimilaten uitgedrukt in drogestofgehalte van het blad van nodium 2; en (3) het Brix-getal bladsteel van nodium 2
 - Naarmate meer licht hoog in het gewas wordt opgevangen neemt het Brix-getal toe.
 - Het Brix-getal is hoger bij een hogere temperatuur

2. De zetting wordt bepaald door de condities bovenin het gewas
 - Meer assimilatenvraag in nodium 5 geeft minder zetting
 - Een grotere totale assimilatenvraag van vruchten in zijscheuten geeft minder zetting.
 - Een betere kwaliteit van de hoofdbloem geeft meer zetting
 - In de proefperiode gaf een hogere temperatuur meer zetting
 - Een groter assimilatenaanbod in de vorm van berekende assimilaten of gemeten grotere voorraad assimilaten geeft meer zetting;
 - Berekend:
Opgevangen hoeveelheid licht in nodium 1 t/m 3 en CO₂ concentratie
 - Gemeten:
Voorraad assimilaten uitgedrukt in Brix bladsteel nodium 2 en 5

3. De assimilatenvraag van de vruchten aan de hoofdstengel in nodium 6 en lager is niet direct van invloed op de zetting, maar is op lange termijn wel belangrijk, aangezien deze wel van invloed is op:
 - het bladoppervlak boven in gewas: door concurrentie om assimilaten tussen kop en deze vruchten vanaf nodium 6 en lager zorgt voor minder groei (minder bladoppervlak) bij nodia 1-3. Op lange termijn zorgt dat weer voor een lagere hoeveelheid beschikbare assimilaten.
 - kwaliteit van de bloemen: concurrentie tussen om assimilaten bloemen en vruchten zorgt voor zwakkere bloemen, waardoor zetting negatief kan worden beïnvloed.

17 Algemene discussie

De opdrachtgevers van dit project willen weten hoe in een paprikateelt een hogere productie kan worden behaald. We zullen daarom verschillende elementen die in de 3 onderdelen aan de orde zijn gekomen benoemen en bespreken. We voegen er ook andere stellingen aan toe, die mogelijk bij kunnen dragen. Elke keuze heeft bedrijfseconomische consequenties die meegewogen zullen moeten worden in de beslissing, al krijgen deze in dit rapport niet veel aandacht. Dit project heeft als uitgangspunt de vraag hoe de productie zal kunnen worden verhoogd, niet hoe de bedrijfseconomische resultaten kunnen worden verbeterd.

Moderne opstallen

Moderne kasopstallen met een lichttransmissie van minimaal ca. 70%. De tweeruitsluchting van reguliere Venlo-kassen (ten opzichte van doorlopende nokluchting in de WUR-faciliteiten) zullen bovendien de mogelijkheid geven gemakkelijker CO₂ en vocht in de kas te houden.

Diffuus glas

Een kasdek met hoog diffuus glas (haze-factor ca. 74%). Diffuus glas voorkomt dat de vruchttemperaturen te hoog oplopen bij hoge instraling, zodat er niet geschermd hoeft te worden. Het licht kan dus volledig benut worden en zal bijdragen aan een hogere productie.

Luchtbevochtiging

Toepassing hiervan maakt het mogelijk bij hogere buitentemperaturen met lagere raamstanden te telen, waardoor er meer CO₂ in de kas blijft. Dit levert meer groei op, zodat onder vergelijkbare lichtomstandigheden een hogere temperatuur in de kas gerealiseerd mag worden. Een hogere temperatuur geeft een kortere uitgroeiduur, waardoor een extra zetsel gerealiseerd kan worden. Een hogere CO₂-concentratie draagt zo duidelijk bij aan een hogere productie na de langste dag.

Luchtbeweging

Het is in dit experiment onduidelijk hoeveel luchtbeweging aan de productie heeft bijgedragen. Het was hier echter onlosmakelijk met het totale teeltconcept verbonden.

Zijscheuten toppen op één blad

Dit wordt al breed in de praktijk toegepast en dit project bevestigt dat het zinvol is om dit te doen. Dit geeft duidelijk meerproductie ten opzichte van het verwijderen van de zijscheuten zonder dat het gemiddeld vruchtgewicht eronder lijdt. Het is in dit project niet gelukt de eerste kilo's te vervroegen. De vraag blijft of toppen op meerdere bladeren op bepaalde momenten in de teelt bij kan dragen tot meer kilo's. Het toppen op meer bladeren geeft het risico dat de zijscheuten breken onder het gewicht van de vruchten.

Gewasdraden bij elkaar

De gewasdraden in de start van de teelt uit elkaar houden en bij toegenomen bladoppervlak weer bij elkaar brengen om lichtdoordringing dieper in het gewas mogelijk te maken. Het diffuse glas zorgt voor een goede lichtverdeling. Zo kan waarschijnlijk worden voorkomen dat het bladoppervlak op de binnenste stelen lager wordt dan op de stelen langs het pad, zoals in de WUR-proeven is gevonden.

In hoofdstuk 5.1 wordt voorgerekend dat een moderne kas, gebaseerd op de resultaten zoals nu behaald in de proefkassen van WUR Glastuinbouw, met het toegepaste teeltconcept (maatregelen hierboven omkaderd) een productie van ruim 35 kg/m² zou moeten kunnen leveren. Het gebruikte teeltconcept in de proefkassen leverde een meerproductie op van 10,5% ten opzichte van de referentie. Dat betekent dat een referentiekas bij een moderne teler een productie van ca. 31,7 kg/m² op zou moeten leveren. Dat is een hoog maar wel behaald resultaat. Een productieverhoging met 3,5 kg/m² is een grote stap, die behaald wordt met een combinatie van zaken. Het teeltconcept hangt samen met verschillende investeringen, en dit experiment maakt niet duidelijk wat de teler de beste kosten/baten-verhouding biedt. Daarvoor heeft WUR Glastuinbouw met simulatiemodellen nagerekend welke factor welke waarschijnlijkste meerproductie oplevert.

Het hogere CO₂-gehalte in de proefkas levert waarschijnlijk ca. 5% meerproductie op. Deze hoge CO₂-concentratie wordt behaald met toepassing van luchtbevochtiging en aangepaste klimaatregeling. De kosten van luchtbevochtiging (een investering van 5-25 €/m²) zijn o.a. afhankelijk van vermogen van de installatie en of het in bestaande of nieuwe kassen wordt ingebouwd. De meerproductie wordt vooral in de zomermaanden behaald bij hogere lichtsommen; het nadeel hiervan is dat deze productie financieel minder opbrengt.

Het diffuse glas zou volgens de simulatiemodellen ook ca. 5% aan de meerproductie kunnen bijdragen. Het diffuus glas met een hazegetal van 74%, dat in deze proef werd gebruikt, heeft 2 nadelen: (1) de lichttransmissie in de winter is iets lager, waardoor de eerste zetting wat vertraagd zou kunnen worden; en (2) de productievoordelen zullen ook voornamelijk in de zomer vallen, waarbij de productie financieel minder oplevert. De kosten van glas zijn zeer instabiel en daarom is het moeilijk een richtprijs aan te geven.

Van de overige maatregelen is het niet mogelijk de bijdrage aan de productie in te schatten. Wanneer de simulaties van productieinvloed van CO₂ en diffuus glas kloppen, dan is ca. 10% meerproductie verklaard – zodat er niets meer te verklaren overblijft. De invloed van de andere factoren (luchtbeweging en gewasdraden) is dan verwaarloosbaar.

Behalve de getoetste factoren, blijven er nog enkele factoren over die een potentiële bijdrage aan de productie kunnen leveren. Ze worden hieronder genoemd in een volgorde van afnemende succeschansen in een gezonde bedrijfsvoering.

(1) Goede gewasregistratie + toepassen van plantmodel

Gewasregistratie is vanzelfsprekend geen methode waarmee meer productie wordt verkregen, maar een randvoorwaarde voor het goed sturen en beheersen van een teelt. Vanuit dit project kan niet gesteld worden hoe deze gewasregistratie eruit moet zien: hoeveel planten, hoe lang, hoe vaak registreren. Daarom kunnen we nu alleen zeggen *dat* goede registratie belangrijk is en tot er betere gegevens zijn gebruik maken van de reguliere gewasregistratie op minimaal 2 veldjes van 10 planten per bedrijf.

Het is niet mogelijk om aan te tonen dat toepassen van een plantmodel meerproductie oplevert. Wel is duidelijk dat de deelnemende telers vinden dat ze met behulp van het model beter inzicht krijgen in de kans op zetting. We durven te stellen dat gebruik van een plantmodel bij het bepalen van de korte- en lange termijn teeltstrategie door verbeterd inzicht in de kans op zetting een verbeterde sturing oplevert en de kans op fouten vermindert.

(2) Één stengel per plant

Dit resulteert in een verhoogde groeikracht, met name in het voorjaar (Sauviller en Van Herck, 2008). Op planten met één stengel ($7,2 /m^2$) en één vrucht aan de zijscheut was de meerproductie bijna 12%, maar de proef liep slechts tot aan de zomer. Er zijn geen experimentele gegevens wat het effect bij een volledige teeltduur van een jaar zou zijn. In de WUR-proef was de plantdichtheid 3,35 per m^2 met twee stengels. Het kostenaspect (dubbele plantkosten) is een belangrijk nadeel van deze aanpak. Telers geven aan dat er in de praktijk geen meerproductie wordt behaald met teelt op één stengel per plant.

(3) Start met grotere plant

Uit onderzoek blijkt dat de grootte van de plant op het moment van uitplanten in grote mate de vroegheid en de totale productie beïnvloedt (Van Uffelen, 1988). De manier van telen heeft veel invloed hierop. Na half juni heeft de plantgrootte geen invloed meer op de productie. Om zetting in december of januari te hebben moet de plant voldoende omvang hebben en de teler moet klimaatmaatregelen nemen. De instraling is immers te laag en pas na maart is er voldoende instraling om spontaan zetting te krijgen (Dieleman e.a., 2007). Een langere opkweek bij de plantenkwekerij onder lichte omstandigheden is een manier om een sterkere plant te maken waardoor vroege zetting wordt gestimuleerd. Een grotere plant kan alleen onder voldoende licht resultaat leveren (anders is vooral de onderhoudsademhaling te hoog en zal er juist geen zetting plaatsvinden) en moet dus onder lengende dagen worden toegepast; bovendien levert deze aanpak ook aanmerkelijk hogere kosten op, waardoor dit niet praktisch haalbaar is.

(4) Brix-meting

Een Brix-meting op zichzelf levert geen groei op, maar de resultaten geven een indicatie dat met (o.a.) Brix-metingen in nodia 2 en 5 een goede inschatting van de kans op zetting kan worden gemaakt. Wanneer deze inschatting de waarheid beter zou benaderen dan de huidige gebruikte methoden op basis van plantbelasting, kunnen ook de gewas- en klimaatsturing worden verbeterd en daarmee zou beter resultaat kunnen worden behaald. Of de kwaliteit van deze inschatting beter is dan de huidig gebruikte, waarbij plantbelasting een grote rol speelt, moet worden getoetst aan nieuwe datasets. Het is daarom nog niet geïntegreerd in het model.

Volgens de huidige resultaten zou een Brix-meting van bladsteeltjes in nodia 2 en 5, in combinatie met bladgrootte in de kop van het gewas en klimaatgegevens, een goede inschatting van de kans op zetting leveren. De bladgrootte met klimaatgegevens worden gebruikt in een berekening van de hoeveelheid beschikbare assimilaten. Het is opvallend dat de uitgevoerde metingen aangeven dat vooral het assimilatenaanbod bepalend is voor de kans op zetting en niet de assimilatenvraag (= sink-werking, waarin plantbelasting een belangrijke rol speelt). Mogelijk hangt dat samen met de relatief grote afstand tussen de kop (waar de zetting plaats vindt) en de uitgroeiende vruchten lager aan de plant. Ook het feit dat de meeste data zijn verzameld in een gewas waarin de assimilatenvraag door plantbelasting constant hoog is geweest kan een rol hebben gespeeld.

18 Algemene conclusies

Het project 40 kg paprika levert de volgende inzichten op:

1. De productie van rode paprika kon onder de proefomstandigheden ca. 11% worden verhoogd t.o.v. de referentie
2. Bijna de helft van de behaalde meerproductie kan volgens modelberekeningen worden toegewezen aan hogere CO₂-concentraties, die konden worden gerealiseerd door de toepassing van luchtbevochtiging
3. Ca. 5% (procentpunten) van de meerproductie kan worden toegewezen aan de toepassing van diffuus glas
4. Het rendement van de overige toegepaste teeltmaatregelen lijkt daarmee marginaal
5. Toepassing van een plantmodel geeft een verbeterd inzicht in de kansen op zetting
6. Een Brixmeting in nodia 2 en 5 combinatie met berekend assimilatenaanbod vormen input voor een goede inschatting van de kans op zetting
7. Toepasbaarheid van Brix-meting als onderdeel van zettingsprognose moet nog worden getoetst.

19 Literatuur

- Dieleman, A, Kempkes, F, Stanghellini C., Elings, A., de Gelder, A., Meinen, E., Heij, G. 2007. Wanneer planten, wanneer een teelt beëindigen? Nota 464 Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen. Juli 2007.
- Dueck, T.A., Grashoff, K., Steenhuizen, J., Uenk, D., Broekhuijsen G., Meinen, E., Marcelis, L.F.M. 2005. Bladplukken bij paprika. Fase 2: Metingen van de Blad. Nota 346 Plant Research International, Mei 2005.
- Dueck, T.A., Grashoff, C., Broekhuijsen G., Marcelis, L.F.M. 2006. Efficiency of light energy used by leaves situated in different levels of a sweet pepper canopy. Proc. Vth IS on Artificial Lighting, Acta Hort, 711, ISHS 2006.
- Dueck ThA, Poudel D, Janse J & Hemming S. 2009. Diffuus licht – wat is de optimale lichtverstrooiing? Rapport 308. Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen.
- Gelder, de, A., Driever, S., Lagas, P. 2009. Paprikateelt in geconditioneerde kassen. Rapport 263. Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen. Februari 2009.
- Hemming, S., Waaijenberg, D., Bot, G., Dueck, T., van Dijk, C., Dieleman, A., van Rijssel, E., Houter, B., Sonneveld, C., de Zwart, F., Marissen, N. 2004. Optimaal gebruik van natuurlijk licht in de glastuinbouw. Agrotechnology and Food Innovations. Report no. 100.
- Hemming, S., van der Braak, N., Dueck, T., Jongschaap, R., Marissen, N., 2006. Filtering natural light by greenhouse covering using model simulations – More production and better plant quality by diffuse light? Proc. Vth IS on Artificial Lighting, Acta Hort, 711, ISHS 2006.
- Marcelis, L., Broekhuijsen, G., Meinen, E., Nijs, L. en Raaphorst, M. 2004. Lichtregel in de tuinbouw. Nota 305. Plant Research International. Wageningen. Juni 2004.
- Sauviller, C. 2008. Ruimer toppen, ruimere productie? Proeftuin Nieuws 15. 14 augustus 2008.
- Sauviller, C., en van Herck, L. 2008. Meer productie per vierkante meter met minder stengels per plant. Proeftuin Nieuws 16. 29 augustus 2008.
- Uffelen, J.A.M van, 1988. Opkweekmethoden paprika: plantgrootte bij uitpoten moet voorop staan, Groenten en Fruit 44 (14) : 44-45
- Vogel, P. , 2005. Kennisinventarisatie voor een optimaal teeltconcept voor paprika in een “gesloten kas”. Literatuurstudie in opdracht van landelijke paprikacommissie van LTO Groeiservice. HAS Den Bosch, 2005.

Bijlagen

Bijlage 1 Teeltproef WUR Resultaten

Verloop van de teelt

Een omschrijving van de teelt aan de hand van wekelijkse rapporten van de teeltadviseur van DLV Plant.

December 2008

De planten zijn klein en net door de splitsing en de kleur is wat donker.

Omdat er glasbreuk in een van de proefafdelingen plaatsvond zijn de planten eerst geplant in een alternatieve afdeling en in januari overgezet naar zowel de proefafdeling als de referentieafdeling. Het kasklimaat in deze alternatieve afdeling en de referentieafdeling zijn gelijk.

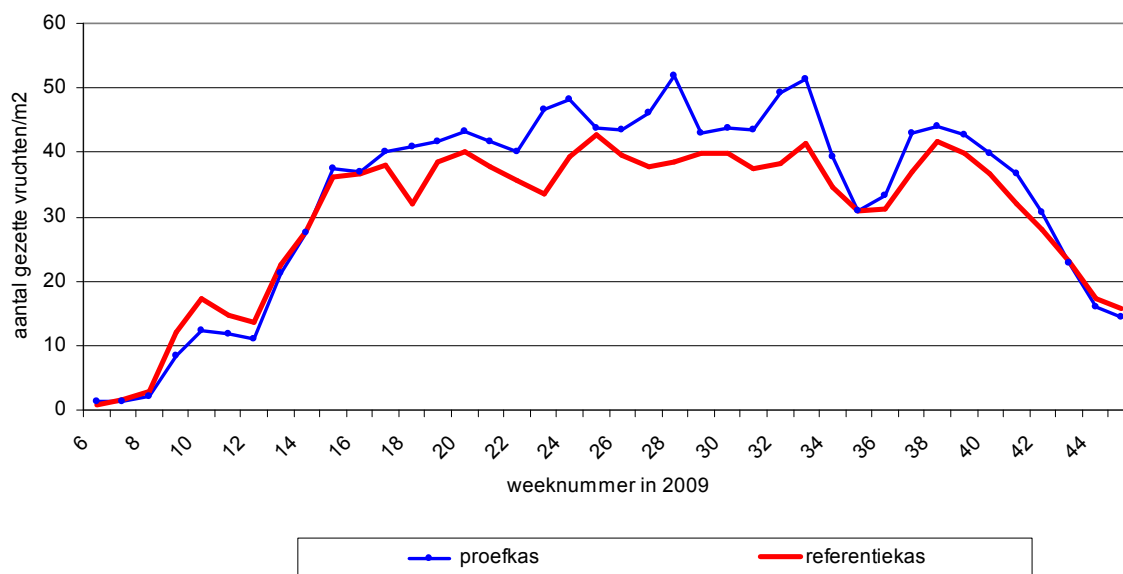
Januari – februari 2009

De planten slaan goed aan. Het bladoppervlak per plant aan het begin van de teelt is gemiddeld 959 cm² en de Leaf Area Index (LAI – oppervlak blad in m² per 1 m² vloer oppervlak) is 0,32. Begin januari zijn ze op twee stengels gezet. Begin week 3 zijn alle planten (dus ook de planten in de proefkas) opgepakt op de mat en op de juiste plekken in de referentie- en proefafdelingen gezet. Voor het verplaatsen van de planten is er een plank onder de mat geschoven om zo min mogelijk schade aan de steenwol te veroorzaken. Eind januari is de groei en knopstand goed. In de vierde oksel moet in principe zetting plaats vinden. Voor de komende periode wordt een voornacht van 17°C van 16.00 uur tot 23.00 uur en een nanacht van 18°C van 1.00 uur tot 6.00 uur ingesteld. Vanaf 3 februari is wat zetting genoteerd maar het weer is iets te wisselvallig voor een goede zetting. Eind februari is er zetting op de vijfde en zesde oksel en de groei is goed. De koppen beginnen zelfs wat zwaar te worden door de lage etmaaltemperatuur. De knopstand is goed en er zitten gemiddeld ongeveer 2 vruchtjes per stengel aan. Om deze vruchtjes er aan te houden, is de etmaaltemperatuur niet te veel verhoogd. Alleen op een lichte dag mogen de planten iets meer temperatuur krijgen. Om dit te realiseren is er een lichtsom verhoging op de nachttemperatuur ingesteld. Bij het dieven is een 'kapstokje' achtergelaten zodat de bloemknop niet wordt verstoord.

Maart – april 2009

Begin maart is de groei uitbundig maar de knoppen zijn iets minder. In de avond mag iets agressiever naar de voornacht worden gegaan. Dat betekent iets later het scherm sluiten. De planten zijn gedund op 2 vruchten per stengel. Er is veel groei, vooral in de afdeling met diffuus glas. Het gewas is in de afdeling met diffuus glas gemiddeld 10 cm langer en de vruchten lijken wat grover. De referentieafdeling groeit wat rustiger. In de afdeling met diffuus glas lijkt de zetting van het tweede zetsel iets verder te zijn dan bij de referentie kas.

Met de hoeveelheid licht van begin april zouden er meer gezette vruchten verwacht mogen worden maar veel vruchtjes zijn in een jong stadium versteend. De temperatuur is in beide afdelingen de afgelopen dagen tegen 30°C geweest en 's nachts blijkt de koptemperatuur in de proefkas hoger dan in de referentie kas als gevolg van de verticale ventilator (zie hoofdstuk 4.6.1.). Daarnaast is in beide kassen het VD tegen de 10 geweest omdat er een aantal dagen storing was geweest in de luchtbevochtiging. Later in de maand is de groei rustiger maar de zetting blijft slecht, nu veroorzaakt door de hoge plantbelasting en de energievraag van de vruchten van het tweede zetsel. Half april zijn de eerste vruchten geoogst en eind april komt de groei in balans met een redelijke zetting en veel oogst. Eind april is de LAI van de getopte behandeling in beide kassen 3,4 en van de gediefde behandeling 2,5 in de referentiekas en 2,8 in de proefkas.



Figuur II.1. Plantbelasting in de proef- en referentiekassen (vruchten per m²)

Mei – juni 2009

De groei en de zetting zijn goed, vooral in de kas met diffuus glas (figuur II.1). De plantbelasting zit tegen de 50 vruchten per m² en er is besloten om in beide kassen groene vruchten te oogsten. In de proefkas is 0,8 kg per m² groen geoogst, en in de referentie afdeling 0,4 kg per m² groen geoogst. Met name in proefkas reageren de planten er goed op door weer te zetten. Eind mei is er weer groen geoogst in de proefkas en ook hier reageren de planten goed op door weer wat meer te zetten. Om de LAI en dus de 'sink' wat te verlagen is afgesproken dat in de proefkas de onderste 50 cm van de planten in de achterste meetvelden bladvrij worden gemaakt. Er is in beide afdelingen tot nu toe niet geschermd tegen de zon. De reden dat er niet is geschermd, is dat er te veel schaduw effect in de proefkas ontstaat als er in de referentiekas wordt geschermd. Begin juni zijn er in beide afdelingen enkele vruchten met brandplekjes / smeltplekken. De brandplekjes en smeltplekken zijn waarschijnlijk te wijten aan de zon die naar binnen scheen door de doorlopende nokluchting die in deze periode helemaal open heeft gestaan. Eind juni is de groei goed maar de zetting is matig. Ondanks de luchtbevochtiging is het vocht in de middag aan de lage kant in de proefkas. De maximum raamstanden zijn daarom wat verlaagd in de proefkas, om meer vocht binnen te houden en meer effect van de luchtbevochtiging te zien. Eind juni is er nog eens over een lengte van 50 cm blad verwijderd van de planten waarvan eerder ook al blad is verwijderd.

Juli – augustus 2009

Begin juli is de groei goed en is de bloemstand in de proef afdeling beter dan in de referentie afdeling. De zetting is redelijk, maar zou meer mogen zijn. Het verlagen van de maximum raamstand in de proefafdeling is positief geweest. Het VD blijft lager en de RV, temperatuur en CO₂ zijn hoger. De gemiddelde nachttemperatuur in de proefkas lijkt structureel hoger dan in de referentie afdeling. (zie hoofdstuk 4.2 over temperatuur in de nacht).

Eind juli is de groei goed en de bloemstand is in beide afdelingen verbeterd. De zetting is goed, ondanks een hoge plantbelasting (referentiekas 41 per m² en proefkas 46 per m²). Begin augustus is de groei, de bloemstand en ook de zetting goed. De plantbelasting is hoog (referentiekas 45 per m² en proefkas 52 per m²). Er is daarom afgesproken om in

week 34 en 35 in beide afdelingen groen te gaan oogsten om er nog een laatst zetsel aan te krijgen in week 36/37. Eind augustus is de plantbelasting gezakt naar ongeveer 30 vruchten per m² omdat er behoorlijk groen maar ook rood is geoogst. Deze lage plantbelasting zorgt er voor dat er volop zetting plaats vindt. Deze zetting zal de laatste zetsel van deze teelt zijn.

September – november 2009

Na de eerste week van september is de plantbelasting weer gestegen naar ongeveer 43 per m² in de proefkas en 37 per m² in de referentiekas. Hierna neemt de gewasgroei weer toe en de zetting neemt af. Eind september is in beide kassen de kop uit de planten gehaald. De vruchten zwellen hierna heel snel. Vanaf half oktober loopt de plantbelasting snel terug omdat er van deze laatste zetsel flink geoogst wordt.

Bijlage 2 Teeltproef WUR Resultaten

Gerealiseerd Klimaat

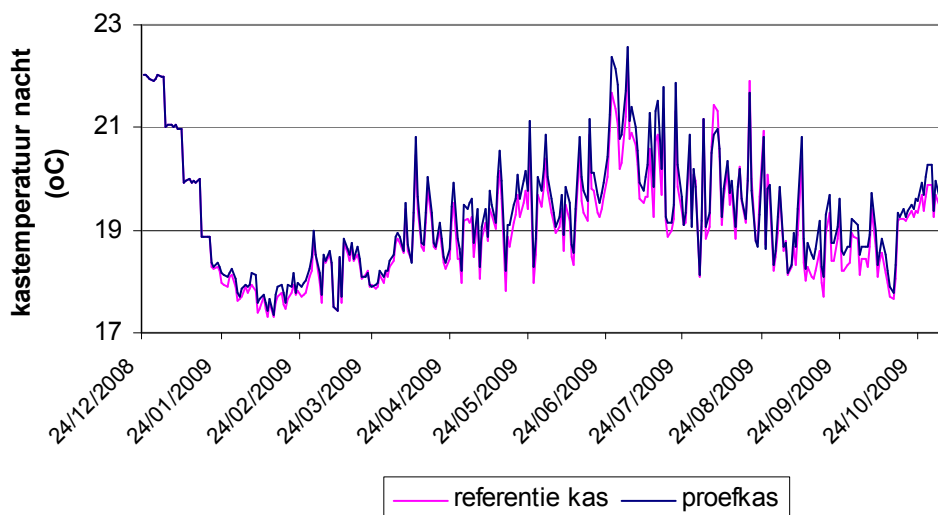
In tabel II.1 is het gerealiseerd klimaat gedurende de proef gepresenteerd. De planten zijn geplant op 23 december 2008 en de eerste 8 dagen zijn opgenomen in de waarden van januari 2009.

Tabel II.1 – Een overzicht van de gerealiseerde klimaat gedurende de proef

	Januari		Februari		Maart - april		Mei - juni		Juli - augustus		September – half oktober		Half oktober – half november	
	proef	ref	proef	ref	proef	ref	proef	ref	proef	ref	proef	ref	proef	ref
Kas														
Temperatuur etmaal	20,6	20,5	19,3	19,0	21,5	21,2	23,4	22,8	23,7	23,2	21,5	21,1	21,1	20,9
Temperatuur dag	21,9	21,8	21,4	20,9	24,0	23,6	25,3	24,5	25,8	25,1	24,2	23,7	21,1	23,2
Temperatuur nacht	19,9	19,9	17,9	17,7	18,6	18,5	19,8	19,5	20,0	19,8	17,8	18,5	19,6	19,4
CO ₂ 10 – 16 uur	872	802	1025	1032	991	908	783	618	589	520	725	659	969	943
VD dag	5,8	5,7	4,3	3,9	4,1	4,5	4,7	5,6	4,7	5,9	3,6	4,0	3,2	3,0
VD nacht	5,6	5,5	2,5	2,4	2,3	2,2	2,5	2,2	1,8	1,9	1,5	1,4	1,5	1,3
Temperatuur plant dag	21,9	21,7	21,0	20,3	23,4	22,9	24,7	23,6	25,2	24,1	23,7	22,9	22,5	22,1
Temperatuur plant nacht	20,0	19,8	17,8	17,1	18,0	17,5	18,7	18,1	19,0	18,6	17,7	17,2	18,4	18,0

Later in het jaar zijn de gemiddelde nachttemperaturen structureel hoger in de proefkas dan in de referentieafdeling (figuur II.2). Doordat er in de voornacht bevochtigd mag worden bij $VD > 2.0 \text{ g/m}^3$ zou de temperatuur er juist lager moeten zijn, of in ieder geval op hetzelfde niveau moeten zitten. De temperatuur in de proefkas is 0,4 tot 0,9 °C hoger geweest. Het is niet duidelijk wat de oorzaak hiervan is. De ventilator was uitgezet. Gedacht wordt aan de uitstraling van het glas maar het glas in beide kassen heeft een K-waarde van ca. $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Daarom is de uitstraling in beide kassen gelijk. Wel was de proefkas overdag warmer dan de referentie kas.

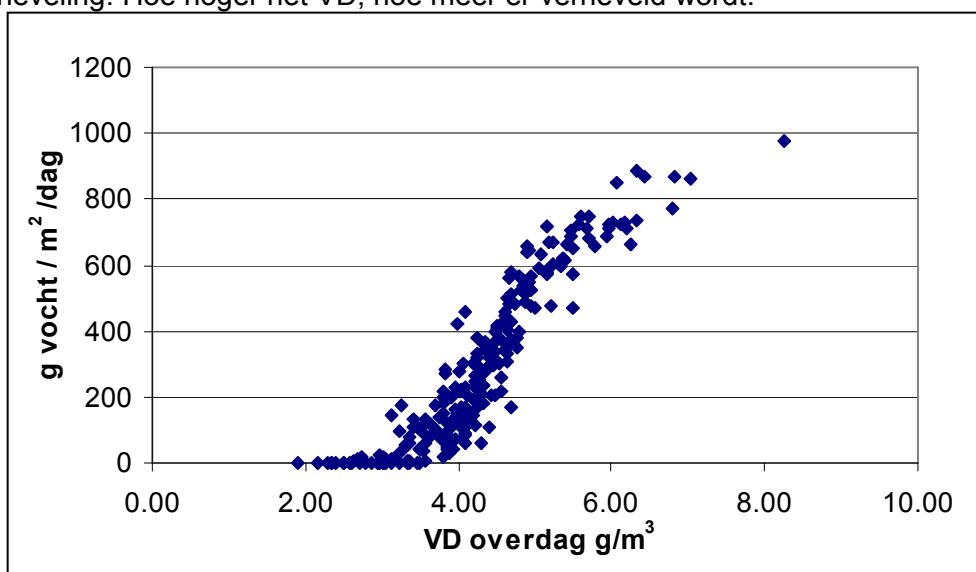
Een ander verklaring zou mogelijk een sterkere verdamping (dus afkoeling) in de referentie kas in de voornacht. Een gewas dat overdag meer verdampt heeft ook een nadijleffect in de verdamping als het licht al weg is. Dat levert dus afkoeling op.



Figuur II.2. Kasttemperatuur 's nachts gedurende de proef.

Relatieve luchtvochtigheid en VD

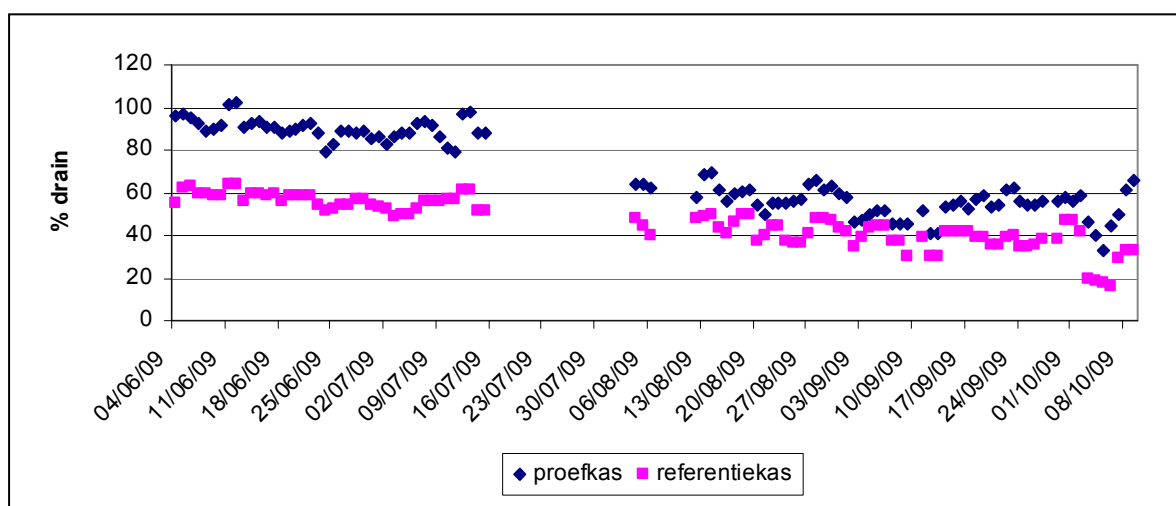
In figuur II.3 is het hoeveelheid water dat overdag in de kas is ingebracht met de verneveling. Hoe hoger het VD, hoe meer er verneveld wordt.



Figuur II.3. Hoeveelheid vocht [gram per dag] dat in de proefkas werd ingebracht

Watergift en drain

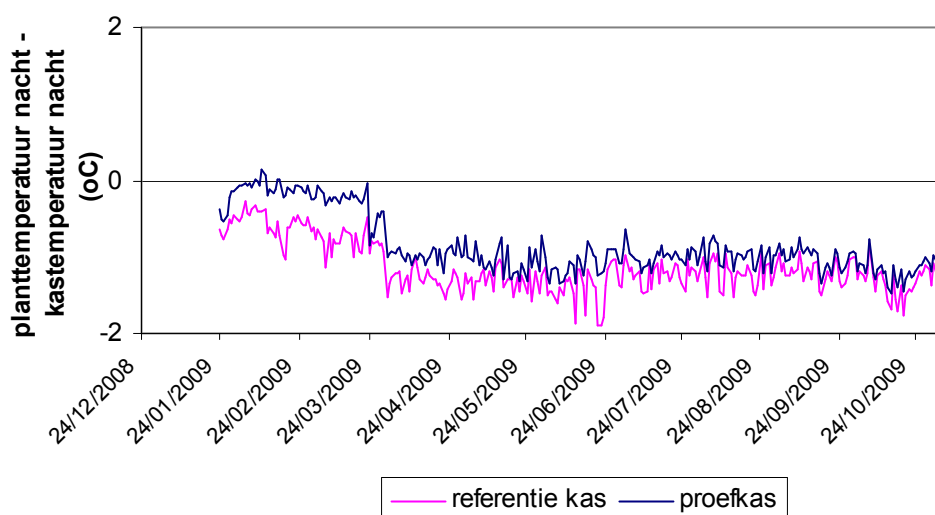
In beide kassen is op dezelfde manier en evenveel water gegeven. In de proefkas is er gemiddeld over de maand juni tot oktober 30 tot 40% meer drain in de referentiekas (figuur II.4). In de referentiekas was de temperatuur hoger maar het VD kleiner. In de proefkas was er overdag een VD van 4,7 gemeten ten opzichte van 5,4 tot 5,7 in de referentiekas. Het lagere VD zorgde voor dat de planten in de proefkas minder water opnamen dan in de referentie kas. Het zou ook kunnen zijn dat diffuus glas hier ook een rol speelt doordat minder directe straling minder warmte op de plant veroorzaakt, waardoor er minder water nodig was om het gewas te koelen.



Figuur II.4. Percentage drain in de maanden juni tot oktober in proef en referentiekas

Planttemperatuur

In de zomer is de draaisnelheid aangepast en als er gelucht wordt, werd de ventilator uitgezet maar doordat de kasttemperatuur in de proefkas hoger bleef is de planttemperatuur ook hoger (figuur II.5).



Figuur II.5. Verschillen tussen de planttemperatuur 's nachts en de kasttemperatuur 's nachts voor de proef- en referentieafdelingen

Tijdens de dag

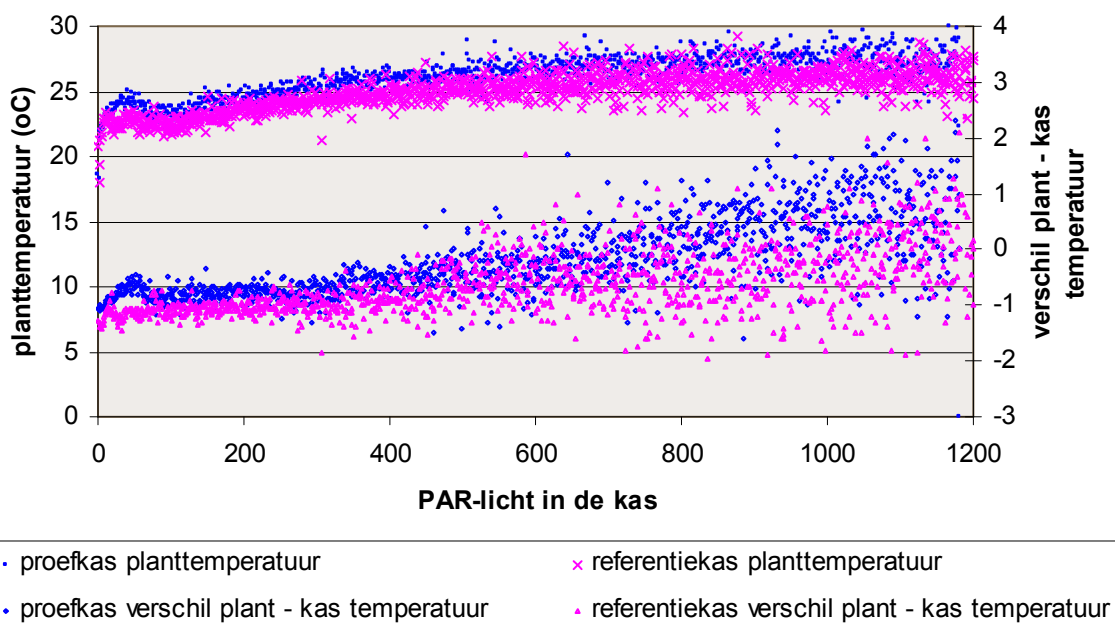
De planttemperatuur overdag was hoger in de proefkas omdat daar de kasttemperatuur hoger was (figuur II.6). Bij hogere instraling is er een kleine daling in de planttemperatuur dat aan ventilatie en misschien ook aan het diffuus glas te wijten is. Het verschil tussen planttemperatuur en kasttemperatuur is in beide kassen erg variabel, vooral bij hoge lichtniveaus. In het algemeen hoe hoger de instraling hoe minder verschil tussen de planttemperatuur en kasttemperatuur.

Als deze waarden uitgezet worden tegen het VD in de kas (figuren II.7 en II.8) is in de referentiekas te zien (figuur II.7) dat de planttemperatuur oploopt met een oplopend VD. Dit heeft te maken met oplopende instraling. De laagste VD komt overeen met warme vochtige najaarsnachten. Het lage VD rond 2,5 komt overeen met nachtwaardes wanneer

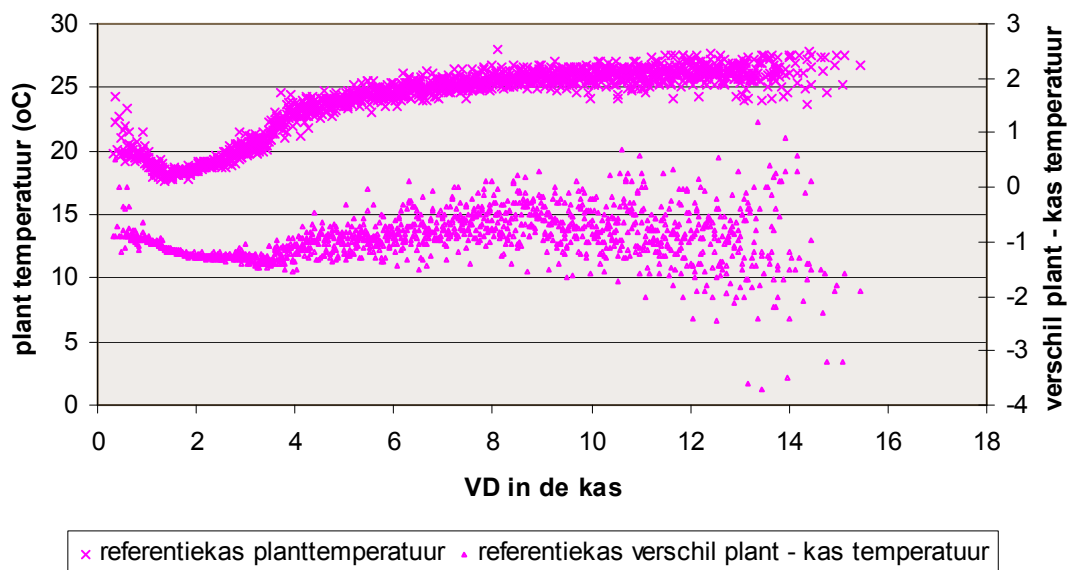
er ook een lagere temperatuur aangehouden wordt, vooral in het voorjaar. Het verschil tussen de temperatuur van de plant en van de kas in de referentiekas laat zien dat de plant eerst zichzelf kan koelen maar dat bij een zeer hoog VD er minder koelvermogen is en de plant opwarmt ten opzichte van de kas.

In de proefkas is te zien dat de temperatuur van de plant ook oploopt als het VD hoger wordt (figuur II.8). Dit heeft ook te maken met instraling maar bij hoge instraling wordt het VD verlaagd door verneveling. Vanaf een VD van 6 lijken de verschillen tussen de plant- en de kastemperatuur erg te variëren; soms is de plant warmer dan de kas en soms koeler. Vanaf een VD van 6 of meer is de luwe zijde ventilatie vaak helemaal open en is de windzijde dan ook. Hierdoor komt een eigenaardige verlaging van de temperatuur van de kop na een VD van ongeveer 6. Deze verlaging kan ook te maken hebben met het moment: bijvoorbeeld wanneer een hoog VD volgt na een periode met hogere VDs, zal de plantverdamping hoger zijn dan wanneer daarvoor het VD lager was. De “pomp” draait als het ware en verdamping kan in een dalende lijn gemakkelijker worden gerealiseerd dan in een stijgende lijn. Planttemperaturen lager dan kastemperaturen worden daarom over het algemeen gevonden in de namiddag, in de voormiddag zijn ze vaak hoger

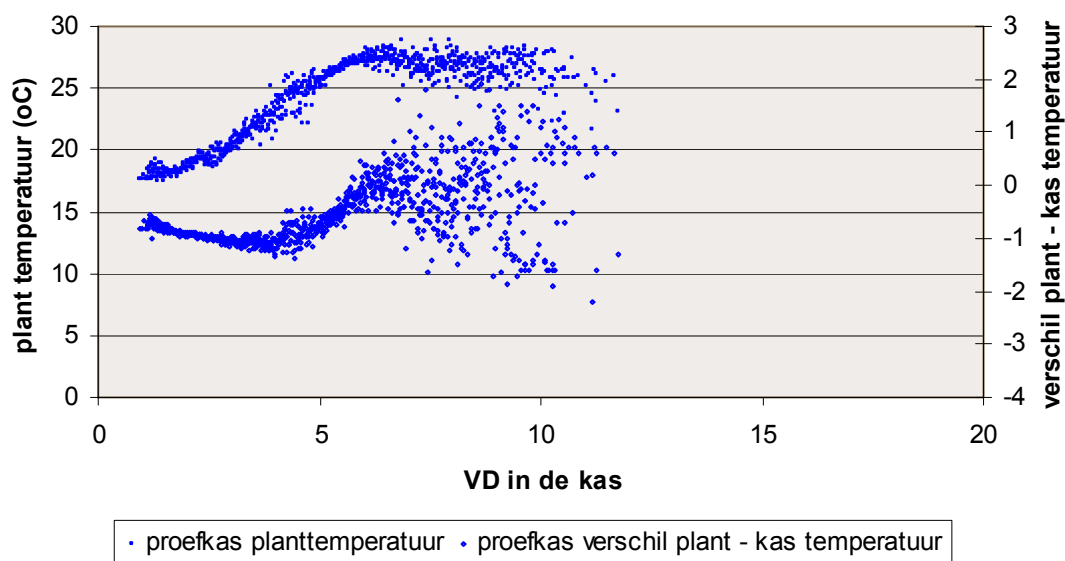
Bij een laag VD, wat vooral 's nachts voorkomt, is de planttemperatuur in beide kassen redelijk gelijk, bij een VD tussen de 3 en 7 is de planttemperatuur in de proefkas vooral hoger, in de referentiekas is de plant koeler. Of dit aan het verdampingsvermogen van de planten ligt is moeilijk te zeggen. Wel is het VD bij een bepaald lichtniveau verschillend tussen de kassen omdat de proefkas vochtiger is (lager VD). Het is niet mogelijk te zeggen dat de planttemperatuur lager blijft onder een diffuus kasdek.



Figuur II.6. Planttemperatuur en het verschil in planttemperatuur en kas uitgezet tegen straling in de periode april tot juli.



Figuur II.7. Referentiekas planttemperatuur en het verschil in planttemperatuur en kastemperatuur uitgezet tegen vochtdeficiet in de periode april tot juli.



Figuur II.8. Proefkas planttemperatuur en het verschil in planttemperatuur en kastemperatuur uitgezet tegen vochtdeficiet in de periode april tot juli.

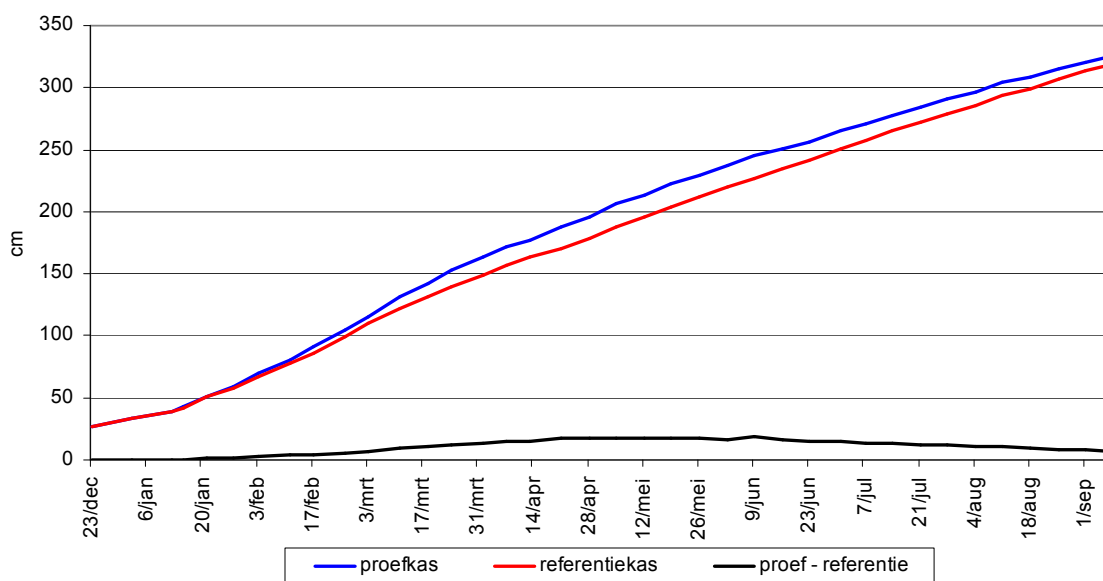
In juni is de vruchttemperatuur en bladtemperatuur in beide kassen gemeten met een infrarood thermometer. De vruchten in de referentiekas die in de volle zon hingen waren gemiddeld $3,7^{\circ}\text{C}$ hoger dan in de proefkas onder gelijke omstandigheden. Het verschil tussen de temperatuur van bladeren in de zon was miniem omdat het blad wel in staat zich te koelen door verdamping en de vruchten niet. Hierdoor kan geconstateerd worden dat het diffuuskasdek stralingswarmte verdeelt door het licht diffuus te maken. Dit zou verbranding van de vruchten bij een hogere instraling kunnen voorkomen. In de proefkas met diffuus glas is wel verbranding waargenomen maar dit was hoogst waarschijnlijk te wijten aan het feit dat directe instraling door de open ramen op de vruchten viel. In de onderzoekskassen is doorlopende nokventilatie aanwezig. In de grafiek van de

vruchtkwaliteit in bijlage 1 is in juni een periode van lagere vruchtkwaliteit in de proefkas. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de verbranding van de vruchten door direct licht door de open ramen.

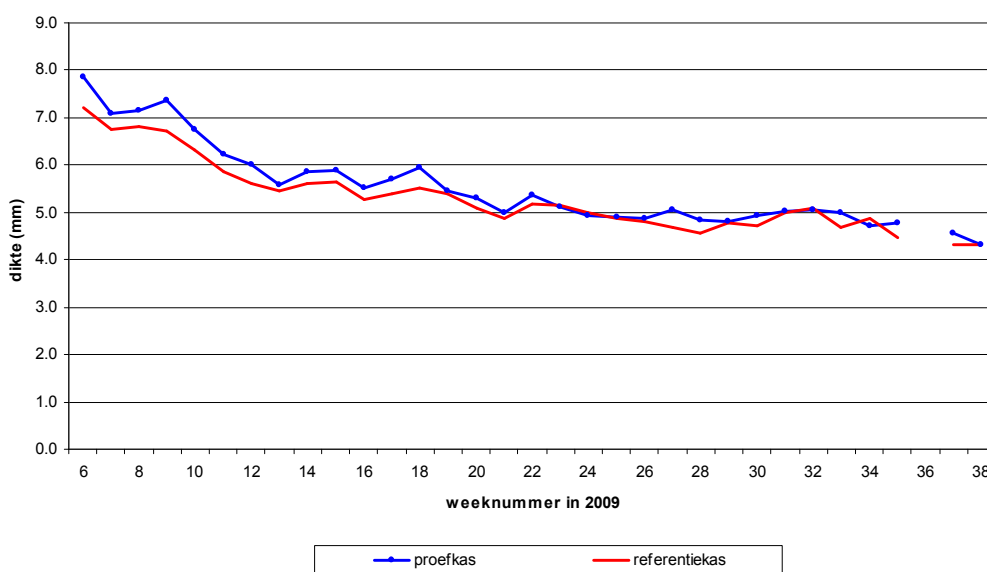
Bijlage 3 Teeltproef WUR Resultaten

Gewasmetingen

Lengte van de plant (figuur II.9) en dikte van de kop is gemeten (figuur II.10). Aan het begin van de teelt is de kopdikte in de proefkas groter dan in de referentiekas. In week 19 zijn de diktes weer aardig gelijk. Dit komt overeen met het moment dat de plantbelasting in de proefkas weer toeneemt. Het is mogelijk dat een dikkere kop een teken is van een hogere assimilatenbalans (meer source). Echter in de proefkas was gedurende de eerste weken van de teelt de koptemperatuur hoger.



Figuur II.9. Lengte van de planten in de proef- en referentiekassen. Proef – referentie is het verschil tussen de lengtes in de twee kassen.



Figuur II.10. Dikte van de kop van de paprika in mm uitgezet tegen weeknummer.

Daarnaast is een drietal destructieve metingen gedaan, eenmaal aan het begin van de teelt in december, in april en eenmaal aan het eind van de teelt in november. De resultaten voor april en november zijn weergegeven in tabel II.2. De hoeveelheid blad aan de planten die getopt worden op één blad is niet twee keer zo veel als de planten waarbij de hele zijscheut weggehaald wordt. Dit is te verklaren door het feit dat de bladeren die verder van de stam zijn, niet zo groot worden als de stambladeren. De leaf area index (LAI, hoeveelheid blad in m² per m² grondoppervlak) van de beide kassen ontlopen elkaar niet veel. De SLA geeft hoeveel m² blad per g drooggewicht wordt gevormd en dit is hoger in de getopte planten dan de gediefde planten. Op de getopte planten zit meer blad om licht op te vangen en dit blad is dan ook dunner. Een verklaring hiervoor is dat de bladmassa van deze planten groter is, er is meer schaduw door de bladeren en daarom maakt de plant dunnere 'schaduw' bladeren aan. In de gediefde planten is er minder bladmassa en meer licht tussen het gewas. De getopte planten hebben echter een veel hogere LAI. Tussen de kassen zijn er geen significante verschillen. Maar als apart naar de proefkas gekeken wordt, valt het op dat de stengels die aan de binnenste gewasdraad hingen een lager bladoppervlak hebben dan de stengels aan de buitenkant (Tabel 18). Een dubbele gewasdraad is wellicht aan het eind van de teelt minder effectief door beschaduwing van de planten.

Tabel II.2. Metingen aan de bladeren in december, april en november.

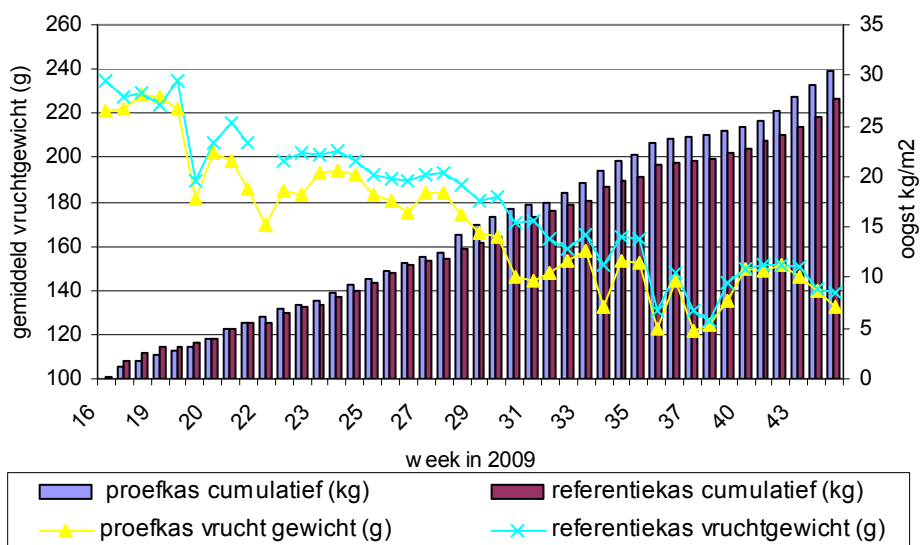
datum	LAI (m ² blad / m ² kasoppervlak)				SLA (m ² blad per g droog gewicht)				% drogestof in blad			
	referentie		proef		referentie		proef		referentie		proef	
	toppen	dieven	toppen	dieven	toppen	dieven	toppen	dieven	toppen	dieven	toppen	dieven
23 december 08	0.3	0.3	0.3	0.3	584	584	584	584	7.3	7.3	7.3	7.3
20 april 09	4.1	3.1	4.2	3.5	237	207	254	194	12.6	13.3	11.2	14.0
2 november 09	6.8	5.2	7.1	4.6	186	162	191	167	12.7	13.5	12.6	13.5

Tabel II.3. Bladoppervlak in relatie tot positie stengel in proefkas met twee gewasdraden (buitenkant = pad; binnenkant = tussen gewas).

	Positie	bladoppervlak
Dieven	Buitenkant	7229
	Binnenkant	5580
Toppen	Buitenkant	10012
	Binnenkant	8356

Zetting, productie en vruchtgewicht

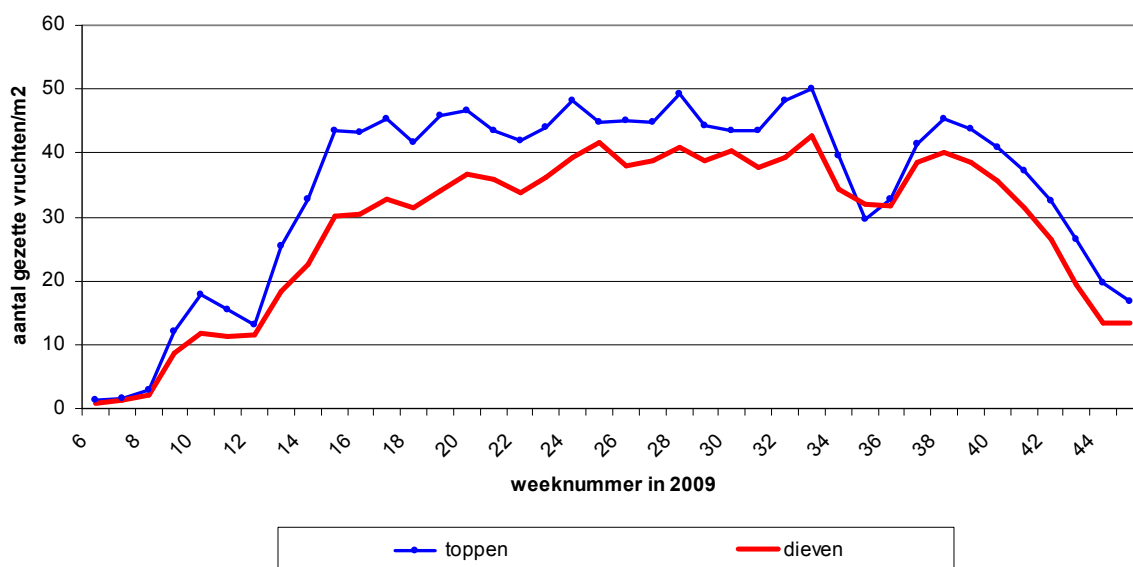
Als de twee behandelingen in de proefkas worden vergeleken met de twee behandelingen in de referentie kas is de productie inclusief groene vruchten 30,5 kg/m² in de proefkas en 27,7 kg/m² in de referentiekas, een productievoordeel van 10%. In week 29 treedt dit verschil op, vóór die tijd is het verschil alleen te wijten aan het feit dat er in week 22 in de proefkas één keer extra groen is geoogst. Het gemiddeld vruchtgewicht van de eerste klasse vruchten loopt gedurende de zomer omlaag in beide kassen om uiteindelijk over de hele teelt in de proefkas 6% lager te zijn. Aan het eind van de teelt zijn de gewichten van vruchten in beide kassen weer op niveau, ongeveer 6 weken nadat er in week 35 groen is geplukt. Het lage vruchtgewicht in de zomer zou veroorzaakt kunnen worden door de zeer hoge plantbelasting tijdens de zomer (figuur II.11) en de hogere temperaturen, waardoor de uitgroeiduur korter is.



Figuur II.11. Oogst en gemiddeld vruchtgewicht in beide kassen. De kolommen zijn de oogstgegevens en de lijnen geven het verloop van het gemiddeld vruchtgewicht aan.

Manier van toppen

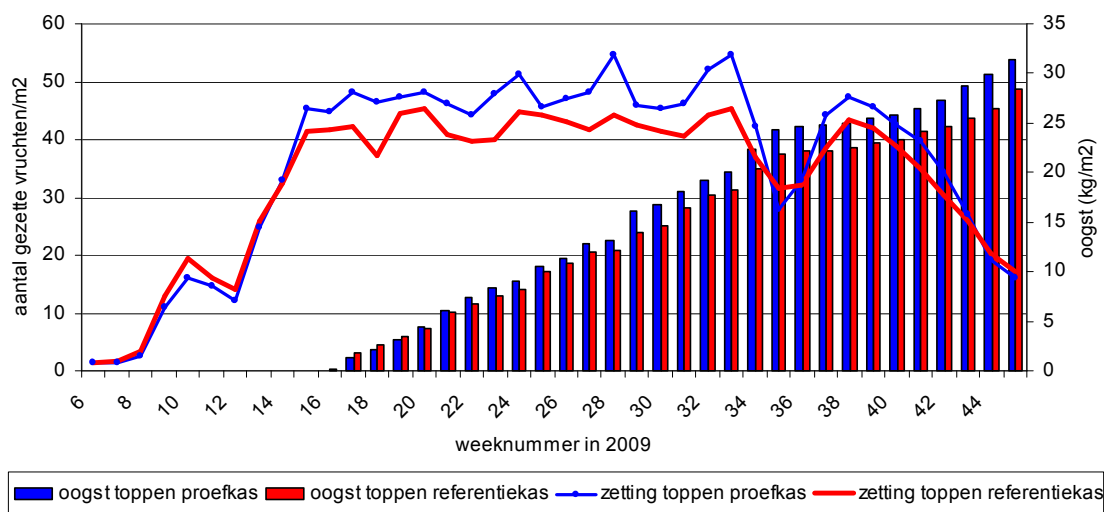
In deze proef was er in de beide kassen vanaf de derde oogstweek een duidelijk grotere zetting door het toppen op één blad ten opzichte van het helemaal wegbreken van de zijscheut (figuur II.12). Deze extra zetting ontstond omdat er vruchten op de hoofd- en de zijscheuten konden ontwikkelen. Door het aanhouden van meer blad kon, vooral aan het begin van de teelt, de plant meer lichtopvangen.



Figuur II.12. Plantbelasting in de twee behandelingen, toppen (een blad aan de zijscheut laten) en dieven (helemaal wegbreken van de zijscheut).

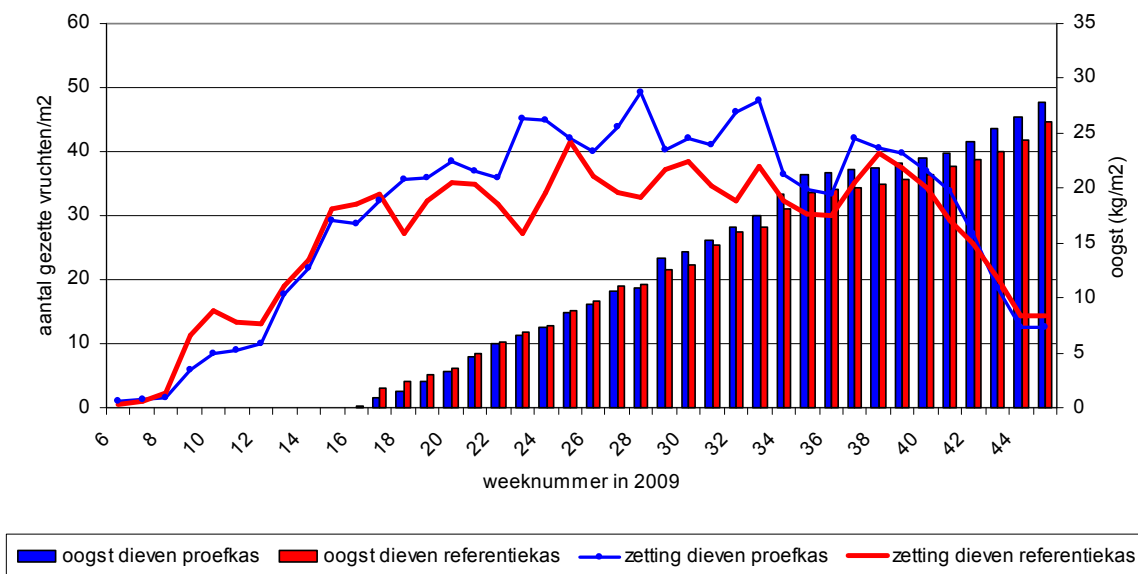
Er is nog meer te zeggen over de verschillen in zetting tussen de behandelingen en dit is nog verder te zien in figuren II.13 en II.14. De zetting in de behandeling met het aanhouden van één blad (toppen) is tot week 16 weinig verschillend tussen beide kassen.

Daarna loopt de plantbelasting in de proefkas nog verder op en blijft gedurende de zomer hoger dan in de referentiekas (figuur II.13).



Figuur II.13. De plantbelasting en oogst in beide kassen op de getopte planten (één blad blijft zitten op de zijscheut).

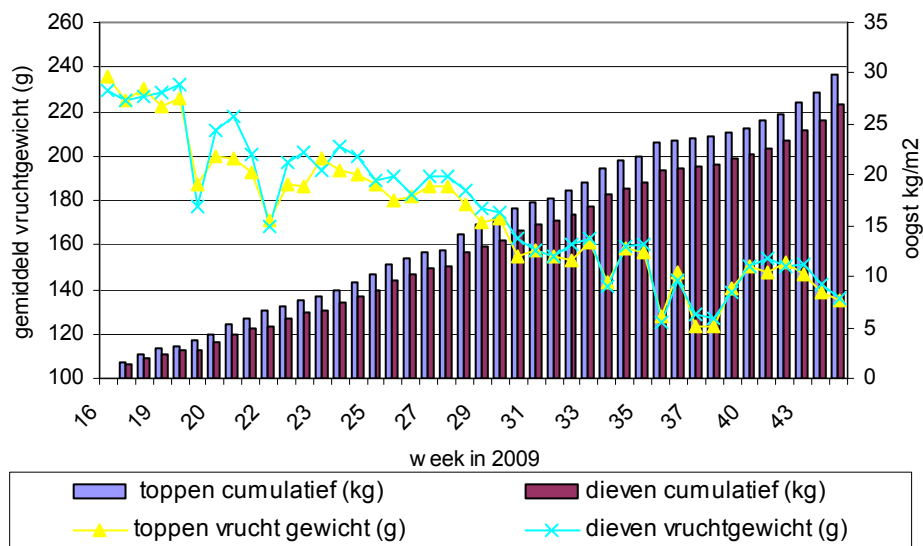
De plantbelasting in de behandeling waarin de zijscheut wordt weggebroken schommelt veel meer gedurende het jaar. Vooral aan het begin van de teelt is deze hoger in de referentiekas (figuur II.14), maar ook hier is vanaf week 16 de zetting in de proefkas hoger.



Figuur II.14. De plantbelasting en oogst in beide kassen op de gediefde planten (zijscheut helemaal wegbreken).

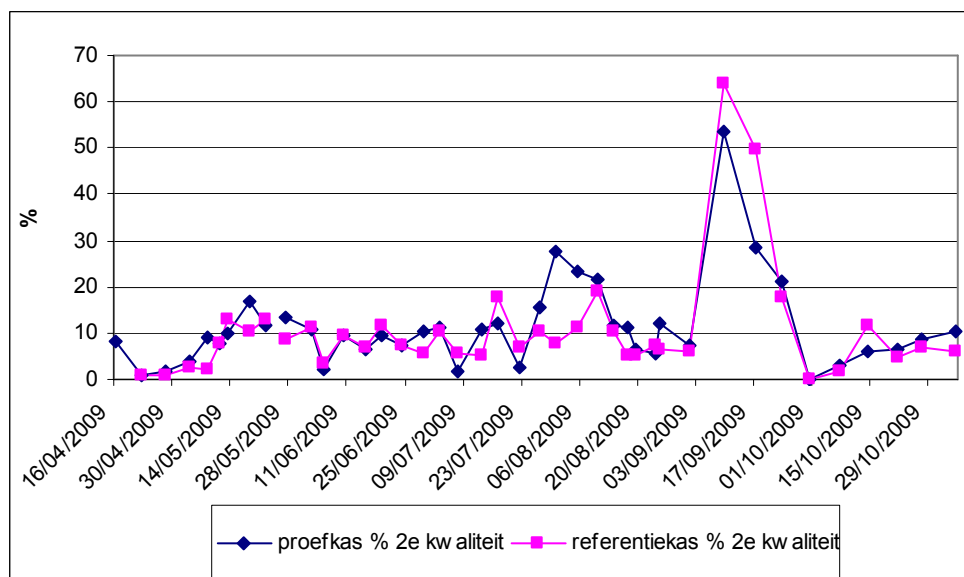
Het aanhouden van meer gewas door te toppen boven het eerste blad aan de zijscheut ten opzichte van het wegbreken van de zijscheut levert in deze proef 11% meer kilo's per

m² op terwijl het gemiddelde vruchtgewicht slechts 2% lager was. Meer blad aan de plant gaf 30 kg/m² ten opzichte van 27 kg/m² als de zijscheuten weggebroken waren. In figuur II.15 zijn de geoogste kilo's en het gemiddelde vruchtgewicht uitgezet tegen de weeknummers.



Figuur II.15. Oogst en gemiddeld vruchtgewicht in beide behandelingen. De kolommen zijn de oogstgegevens en de lijnen geven het verloop van het gemiddeld vruchtgewicht aan.

De verschillen in geoogste kwaliteit tussen de kassen en tussen de behandelingen zijn niet significant. De sortering van eerste en tweede klas vruchten is te zien in figuur II.16.



Figuur II.16. Percentage 2^e kwaliteit in de proef- en referentiekassen

Bladplukken

Na de langste dag is in de proefkas in twee velden blad verwijderd van de onderste 1 meter van de plant, in één veld waar op één bladpaar was getopt en in één veld waarin de zijscheut helemaal weggebroken werd. Begin juni is 50 cm verwijderd en eind juni nogmaals 50 cm. Dit had geen effect op de productie.

Bijlage 4 Teeltproef WUR Resultaten

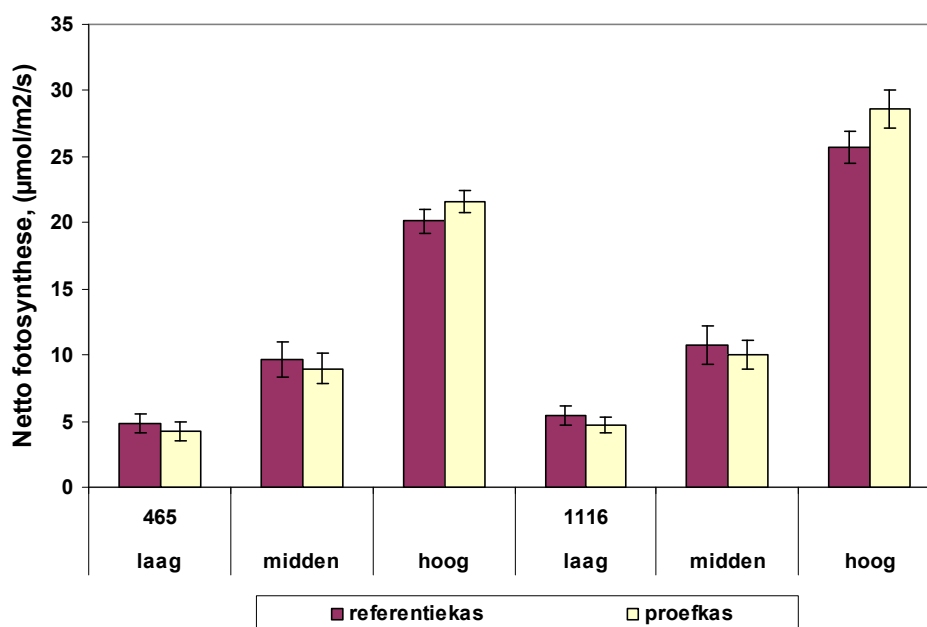
Gewasprocessen

Fotosynthese en verdamping

Met behulp van draagbare fotosynthese apparatuur (LCpro+ van ADC) is op drie hoogten in het gewas de fotosynthese, de verdamping en de huidmondjesgeleidbaarheid van het blad gemeten in de referentie- en in de proefkas. Er is altijd op drie niveaus gemeten aan bladeren aan de hoofdscheut: net onder de kop van de planten (30 cm), ongeveer 80 cm onder de kop en ongeveer 120 cm onder de kop. Het bovenste meetblad is een jong maar niet al te klein, onbeschaduwd blad aan de hoofdstengel en de bladeren in het midden en onderlaag zijn ook niet beschaduwde bladeren.

De metingen zijn in 8-voud uitgevoerd in een bladkamer met een oppervlakte van 6,25 cm². Het blad is zo ingeklemd dat er altijd aan 1 kant van de nerf in het midden van het blad is gemeten. De metingen zijn gedaan onder twee ingebrachte lichtniveaus (465 en 1116 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) onder geconditioneerde omstandigheden in de bladkamer van de fotosynthese meter;

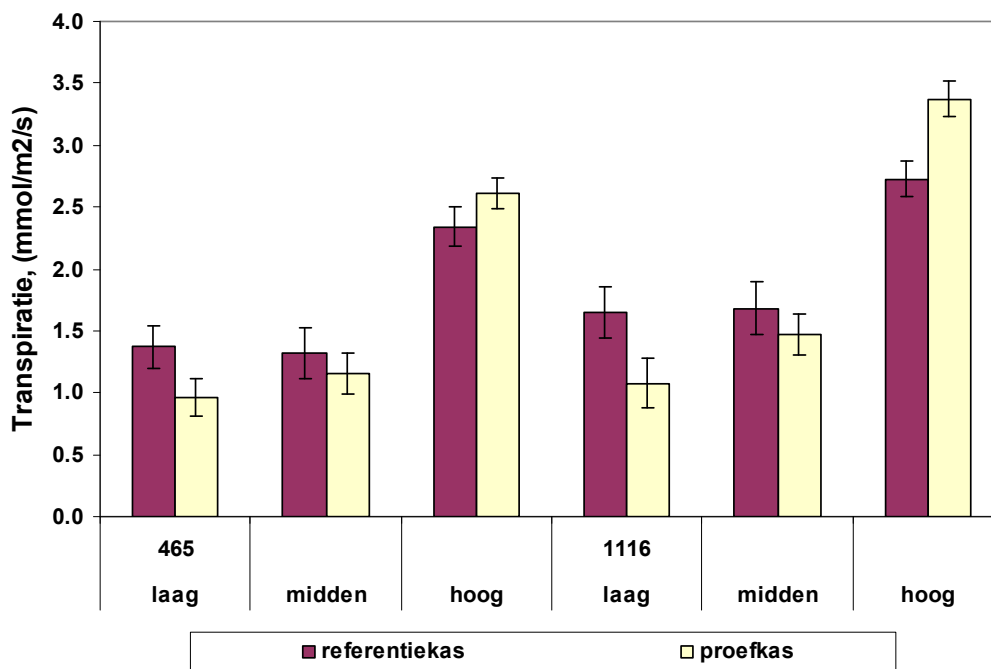
- Temperatuur is 25°C
- CO₂: 900 ppm.
- Relatieve luchtvochtigheid: de relatieve luchtvochtigheid van de uitgaande lucht van de bladkamer wordt getracht op circa 80% te krijgen. De ingaande lucht wordt daarom iets gedroogd (50 tot 70%), omdat de lucht door transpiratie door het blad bevochtigd wordt. De relatieve luchtvochtigheid van de ingaande lucht is afhankelijk van de verwachte verdamping en wordt dus lager ingesteld bij hoge lichtniveaus van de externe lichtbron.



Figuur II.17. Netto fotosynthese van de planten in de proefkas en referentie kas op drie hoogtes in het gewas. De metingen zijn gedaan onder twee ingebrachte lichtniveaus (465 en 1116 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) onder geconditioneerde omstandigheden in de bladkamer van de fotosynthese meter.

De fotosynthese is hoger in de bovenste bladlaag en bij een hoger lichtniveau (figuur II.17). Ook is de fotosynthese in de proefkas in de bovenste bladlaag hoger dan in de referentiekas. De onderste (laag) en middelste lagen tonen geen verschil tussen de

kassen of tussen de lichtniveaus. Deze waardes komen goed overeen met het onderzoek van Dueck (2006) in het najaar. In de zomer heeft Dueck wel een verschil tussen de middelste bladlagen. Er was meer fotosynthese in de diffuse kas. De waardes van fotosynthesecapaciteit in het onderzoek van Gelder (2009) waren hoger ($33 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ onder 232 en $883 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ licht, CO_2 -niveau niet genoemd) maar dit had misschien te maken met het feit dat de jongste uitgestrekte bladeren waren gemeten. In dit onderzoek was het hoogste gemeten blad al ouder.



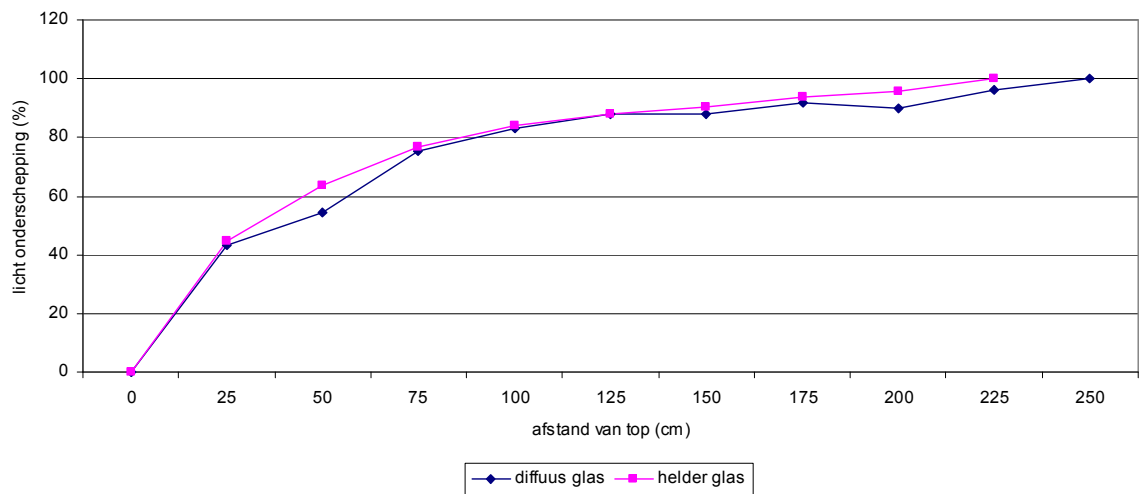
Figuur II.18. Transpiratie van de planten in de proefkas en referentie kas op drie hoogtes in het gewas. De metingen zijn gedaan onder twee ingebrachte lichtniveaus (465 en $1116 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) onder geconditioneerde omstandigheden in de bladkamer van de fotosynthese meter.

De transpiratie is tegelijkertijd gemeten met de fotosynthese, maar het klemmen van de bladkamer op het te meten blad kan invloed hebben op de huidmondjes en dus op de verdamping. Dit geldt voor alle behandelingen. Met deze metingen lijkt in de bovenste bladlaag de transpiratie hoger in de proefkas dan in de referentiekas (figuur II.18). Dit is logisch als de huidmondjes openstaan en het komt overeen met een hogere fotosynthese. In de onderste bladlagen lijkt de transpiratie hoger in de referentiekas. Licht heeft een positief effect op de transpiratie in beide kassen vooral in de bovenste bladlaag. Deze waardes komen goed overeen met het onderzoek van Dueck (2006).

Lichtdoordringing in het gewas

Figuur II.19 laat zien hoe licht in de beide kassen doordringt in het gewas. De metingen zijn uitgevoerd in mei met een SunScan meter van delta-T. De hoeveelheid fotosynthetisch actieve instraling (PAR) was gemeten in het gewas en vergeleken met PAR boven het gewas. De planten in de proefkas waren 10 -15 cm langer dan de planten in de referentiekas, maar de lichtdoordringing was redelijk gelijk in de kassen. In mei is op een hoogte van 75 cm van de kop slechts 20% van het licht te meten. Dit betekent dat op de onderste meter van de plant nog weinig licht valt. In simulaties (Hemming e.a.2006) is berekend dat vooral in december diffuus licht de onderste lagen van het gewas bereiken. In de zomer zijn het de middelste lagen die meer diffuus licht opvangen. In dit voorbeeld (figuur II.19) is er weinig verschil tussen de lichtdoordringing tussen de kassen. Wat ook bij zou kunnen dragen in dit verschil is het feit dat in de

proefkas de planten op twee draden opgehangen zijn en in de referentiekas op een draad. Hierdoor was het blad in de proefkas beter verdeeld en kon er meer licht doordringen.

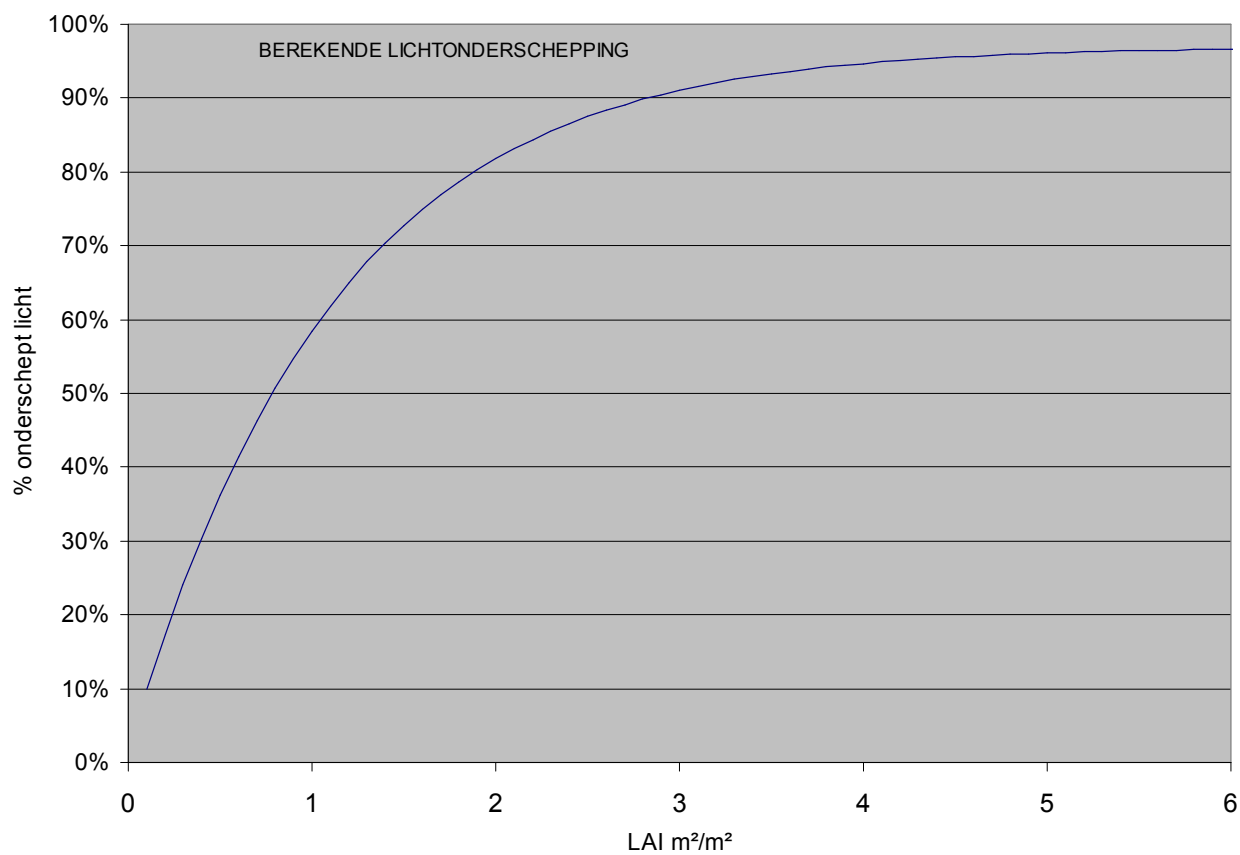


Figuur II.19. Lichtonderschepping in beide kassen

Bijlage 5. Bedrijfs- en teeltkenmerken deelnemende telers

Bedrijfsnummer	Bedrijf A	Bedrijf B	Bedrijf C
Cultivar	Spider	Orange Glory	Sensatio
Zaaidatum	25 oktober 2008	22 oktober 2008	26 oktober 2008
Plantdatum	10 december 2008	8, 9 december 2008	11 december 2008
Planten per m ²	3,35	2,4	3,5
Stengels per plant	2	3	2
Stengels per m ²	6,7	7,2	7
Teeltsysteem	Rijen	V-systeem	Rijen
Substraat	Cultilene X-fiber gestoomd 2e jaar	Cultilene X-fiber gestoomd 2e jaar	Grodan Master nieuw
CO ₂	OCAP 140 kg/ha/uur	OCAP 200 kg/ha/uur	OCAP 140 kg/ha/uur ROCA 45 kg/ha/uur WKK 140 kg/ha/uur
Richting paden	NO ZW	NO ZW	NO ZW

Bijlage 6. Relatie LAI en lichtonderschepping



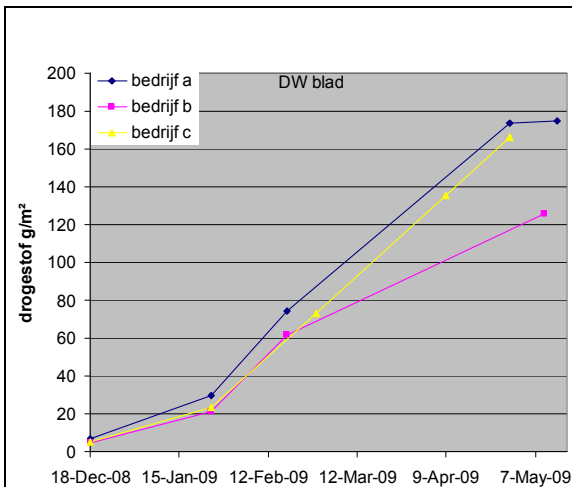
Figuur II.20: Relatie tussen het bladoppervlak en de berekende lichtonderschepping.

Bijlage 7: Gemeten parameters i.r.t. Brix-metingen

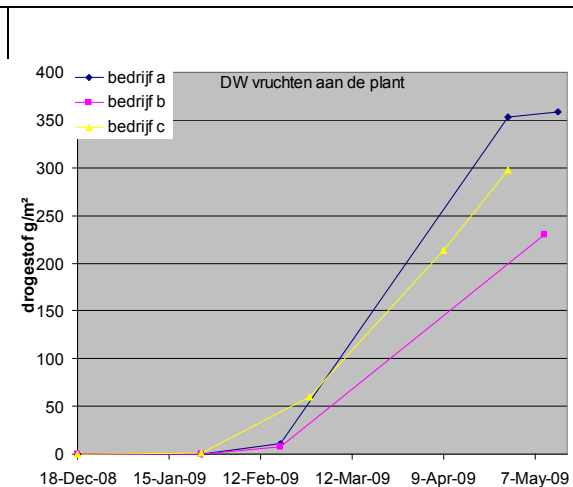
Variabelen gemeten en berekend bij de destructieve metingen.

7.1		7.2	
Deel van de plant	variabele	Deel van de plant	variabele
algemeen	plantnummer	algemeen	nodenummer
	stengelnr		teler
	datum		datum
	meting		Node nr
	hoogte plant tot groeitpunt		Stem nr
	Hoogte tot splitsing	per nodium	aantal bloeiende bloemen aan de hoofdscheut
	Aantal bladeren tot splitsing		aantal bloeiende bloemen aan de zijscheut
per 3 nodia gemeten	Aantal bladeren		aantal vruchten aan de hoofdscheut
	nodium nummer		aantal vruchten aan de zijscheut
	gewicht ponsjes		kwaliteit bloeiende bloemen aan de hoofdscheut
	versgewicht blad		kwaliteit bloeiende bloemen aan de zijscheut
	versgewicht bladsteel		versgewicht bladpons
	versgewicht stengel	totaal versgewicht blad	
	versgewicht vruchten	gewicht bladsteel	
	Brix-getal bladsteel	drooggewicht bladeren	
	Brix- stengel	drooggewicht bladsteel	
	drooggewicht blad	lengte	
	drooggewicht bladsteel	drooggewicht bladeren	
	drooggewicht stengel	drooggewicht bladsteel	
	drooggewicht vruchten	per 3 nodia	stengeldikte
per 3 nodia berekend	berekend bladoppervlak		Brix-gehalte bladsteel
	lichtonderschepping	berekend per nodium	bladgrootte
	aangemaakte drogestof		lichtonderschepping
	drogestofgehalte blad		aangemaakte drogestof
	drogestofgehalte bladsteel		drogestofgehalte blad
	drogestofgehalte stengel		drogestofgehalte bladsteel
	drogestofgehalte vruchten		drogestofgehalte stengel
	drogestofgehalte vruchten		
	sinksterkte van de vruchten		

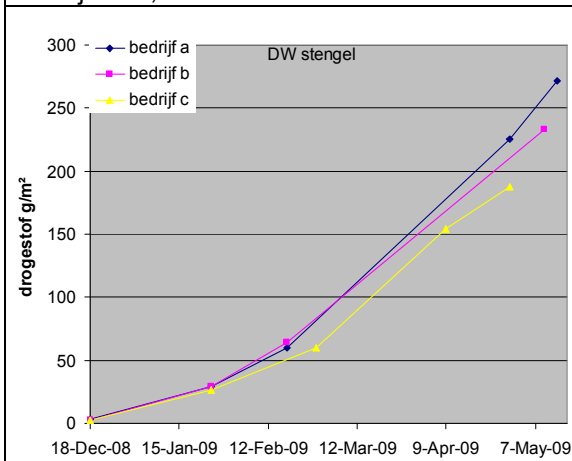
Bijlage 8. Figuren destructieve metingen



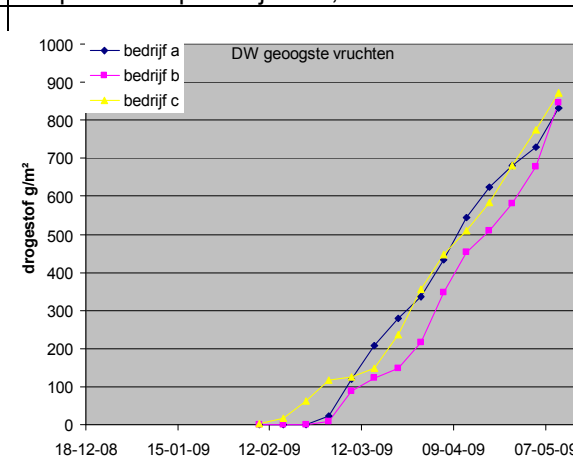
Figuur II.21: Drooggewicht van het blad/m² op bedrijven a, b en c



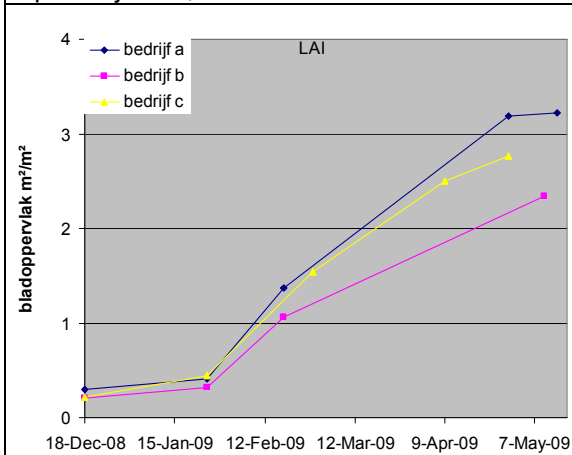
Figuur II.22: Drooggewicht van de vruchten aan de plant/m² op bedrijven a, b en c



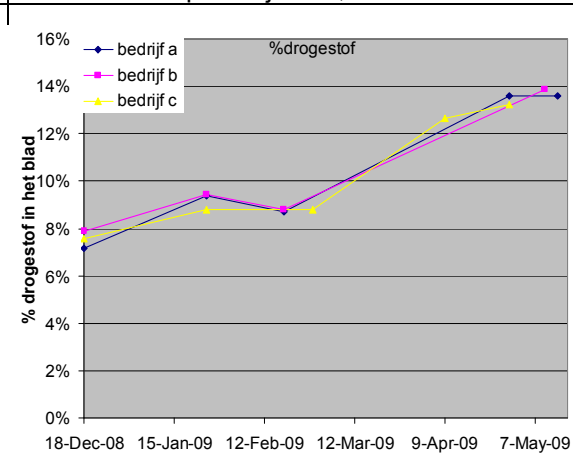
Figuur II.23: Drooggewicht van de stengel/m² op bedrijven a, b en c



Figuur II.24: Drooggewicht van de geogoste vruchten/m² op bedrijven a, b en c



Figuur II.25: Bladoppervlak (LAI) m²/m² op bedrijven a, b en c



Figuur II.26: % drogestof in het blad op bedrijven a, b en c

Bijlage 9: Statistische analyse

Analyse som Brix- bladsteel nodium 5, 8 en 11

Omschrijving variabelen:

source13: som beschikbare assimilaten nodium 1 t/m 3 van de laatste 3 dagen
 %2_Petiole: Brix-getal van bladsteel 2
 teler: bedrijf a, b of c
 totsource: totale aanbod van assimilaten
 %3_days_avg_temperature: gemiddelde temperatuur van de laatste drie dagen
 %2_DMC_leaves: drogestofgehalte van de bladeren in nodium 2

***** Regression Analysis *****

Response variate: Brix-bladsteelnodium5,8&11

Fitted terms: Constant + source13 + %2_Petiole + teler +
 totsource + %3_days_avg_temperature + %2_DMC_leaves

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Regression	7	1674.7	239.246	238.70	<.001
Residual	517	518.2	1.002		
Total	524	2192.9	4.185		

Percentage variance accounted for 76.0

*** Accumulated analysis of variance ***

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
+ source13	1	1238.723	1238.723	1235.89	<.001
+ %2_Petiole	1	296.667	296.667	295.99	<.001
+ teler	2	75.859	37.929	37.84	<.001
+ totsource	1	28.549	28.549	28.48	<.001
+ %3_days_avg_temperature	1	19.975	19.975	19.93	<.001
+ %2_DMC_leaves	1	14.948	14.948	14.91	<.001
Residual	517	518.186	1.002		
Total	524	2192.905	4.185		

Analyse gezette vruchten, model Brix-waarde*Omschrijving variabelen:*

Brix-2: Brix-getal in bladsteel nodium 2
 Brix-5: Brix-getal in bladsteel nodium 5
 Brix-2.Brix-5: interactie tussen Brix- bladsteel nodium 2
 en nodium 5
 Gemiddelde_van_ms5: gemiddelde assimilatenvraag van de vruchten
 in nodium 5
 Totsinkss: totale assimilatenvraag van de vruchten aan
 de zijscheuten
 Gemiddelde_van_3_days_avg_temper: gemiddelde etmaaltemperatuur van de laatste
 3 dagen
 bloem_8: bloemkwaliteit van de bloem in de vorige
 week

Regression Analysis

Fitted terms: Constant + Brix-2 + Brix-5 + Brix-2.Brix-5 +
 Gemiddelde_van_ms5 + totsinkss +
 Gemiddelde_van_3_days_avg_temper + bloem_8

Summary of analysis

Source	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
Regression	7	86.11		12.301	8.48	<.001
Residual	23	33.38		1.451		
Total	30	119.48		3.983		

Percentage variance accounted for 63.6

Standard error of observations is estimated to be 1.20.

Accumulated analysis of variance

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
+ Brix-2	1	1.252		1.252	0.86	0.363
+ Brix-5	1	3.864		3.864	2.66	0.116
+ Brix-2.Brix-5	1	0.952		0.952	0.66	0.426
+ Gemiddelde_van_ms5	1	55.968		55.968	38.57	<.001
+ totsinkss	1	17.561		17.561	12.10	0.002
+ Gemiddelde_van_3_days_avg_temper	1	5.424		5.424	3.74	0.066
+ bloem_8	1	1.087		1.087	0.75	0.396
Residual	23	33.375		1.451		
Total	30	119.484		3.983		

Analyse gezette vruchten, model berekend aanbod

Omschrijving variabelen:

ass1_3: som beschikbare assimilaten nodium 1 t/m 3 van de laatste 3 dagen
 Gemiddelde_van_ms5: gemiddelde assimilatenvraag van de vruchten in nodium 5
 Totsinkss: totale assimilatenvraag van de vruchten aan de zijscheuten
 Gemiddelde_van_3_days_avg_temper: gemiddelde etmaaltemperatuur van de laatste 3 dagen
 bloem_8: bloemkwaliteit van de bloem in de vorige week

***** Regression Analysis *****

Response variate: zetting_geregistreerd_ldag_later
 Fitted terms: Constant + ass1_3 + Gemiddelde_van_ms5 + totsinkss + Gemiddelde_van_3_days_avg_temper + bloem_8

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Regression	5	84.39	16.878	12.02	<.001
Residual	25	35.09	1.404		
Total	30	119.48	3.983		

Percentage variance accounted for 64.8
 Standard error of observations is estimated to be 1.18

*** Estimates of parameters ***

	estimate	s.e.	t(25)	t pr.
Constant	-0.83	5.41	-0.15	0.880
ass1_3	0.2035	0.0780	2.61	0.015
Gemiddelde_van_ms5	-2.755	0.453	-6.08	<.001
totsinkss	-1.034	0.303	-3.41	0.002
Gemiddelde_van_3_days_avg_temper	0.383	0.248	1.55	0.134
bloem_8	0.361	0.671	0.54	0.595

*** Accumulated analysis of variance ***

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
+ ass1_3	1	4.788	4.788	3.41	0.077
+ Gemiddelde_van_ms5	1	57.006	57.006	40.61	<.001
+ totsinkss	1	17.871	17.871	12.73	0.001
+ Gemiddelde_van_3_days_avg_temper	1	4.319	4.319	3.08	0.092
+ bloem_8	1	0.407	0.407	0.29	0.595
Residual	25	35.092	1.404		
Total	30	119.484	3.983		