



Groeimodel Gerbera

Eindrapport van teeltproef en ontwikkeling van een groeimodel voor de Gerbera

Pieter de Visser, Frank van der Helm, Fokke Buwalda, Peter Lagas



Referaat

Dit rapport beschrijft de ontwikkeling van een groeimodel voor snijgerbera. Voor deze ontwikkeling zijn een literatuurstudie, een teeltproef en de feitelijke modellenbouw verricht. Op basis van de eerder reeds gerapporteerde literatuurstudie bleek dat er kennis ontbrak over de gewasrespons op daglengte en verder experimenteel onderzoek nodig was. Aldus is een teeltproef gedurende 1 jaar met 3 verschillende daglengten uitgevoerd, waarbij de klimaatomstandigheden tussen de behandelingen verder gelijk waren. Hierbij is de gewasreactie ten aanzien van bloemproductie en -kwaliteit van de cultivars Kimsey en Heatwave onderzocht. De gemeten bloemproductie is bij Kimsey gelijk bij daglengten van 11.5 en 14 uur en is hoger bij 9 uur, bij Heatwave is er geen productieverval tussen de 3 daglengten. Heatwave produceerde bij 14 uur wel zwaardere takken, terwijl bij Kimsey geen verschil in bloemeigenschappen tussen de daglengten is gemeten. Invloed van pottemperatuur is ook onderzocht maar liet geen significante gewasrespons zien. De daglengte respons is vervolgens in het groeimodel verwerkt. Het model kon verder gevoed worden met vele data uit eerdere teeltproeven binnen de gerberasector, en met gewasregistraties binnen dit project uitgevoerd door de betrokken gerberakwekers. Het model is vervolgens getoetst ten aanzien van de gewasreactie op wijziging van klimaatcondities zoals in de teeltpraktijk te verwachten zijn. Gemodelleerde gewasrespons op wijzigingen in lichtniveau, daglengte en CO₂ is conform de metingen. Met de kwekers en teeltadviseurs is een uitgebreide model interface ontwikkeld die de kweker de mogelijkheid biedt om bloemproductie en -kwaliteit te voorspellen van vele combinaties van klimaatcondities. Het model is momenteel geschikt voor 5 gerberarassen. Het model kan online meerekenen met klimaat en productie registratie van een teelt door datakoppeling met letsgrow.com. Het model is alleen beschikbaar voor Nederlandse gerberatelers.

Abstract

This report describes the development of a growth model for cut gerbera. The work consisted of a literature survey, an experimental trial and model development and calibration. The previously reported literature study showed that data on crop response to day length was lacking for implementation in the model. Therefore a 1-year growth trial was initiated consisting of 3 day length intervals (9, 11.5 and 14 hours), keeping all other growth conditions similar. The crop response on flower production and quality was studied for the cultivars Kimsey (small flower type) and Heatwave (large flower type). The observed flower production of Kimsey was equal at 11.5 and 14 hour and higher at 9 hour, for Heatwave no yield differences were observed between the 3 day lengths. Yet, Heatwave produced heavier shoots at 14 hour day length, while Kimsey did not show differences in quality properties between day length treatments. Effects of increased pot temperature did not generate a crop response. Day length crop response was incorporated in the model as well as effects of other climate variables, on basis of previous research. The model was calibrated using data registered by the growers within the project. The modelled crop response was in accordance with measurements. In cooperation with growers and advisors a powerful user interface was constructed that assists the grower to predict flower quality and production in response to user adapted climate conditions. The model is now available for 5 cultivars of gerbera. The model can use online data from letsgrow.com to predict current crop status. The model is available for Dutch gerbera growers.

© 2014 Wageningen, Wageningen UR Greenhouse Horticulture (Wageningen UR Glastuinbouw)

Wageningen UR Glastuinbouw

Address : Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen
: Postbus 644, 6700 AP Wageningen
Tel. : 0317 - 48 60 01
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Voorwoord	5
	Samenvatting	7
1	Introductie	9
	1.1 Aanleiding	9
	1.2 Gevolgde aanpak	9
	1.2.1 Fase 1: literatuurstudie en datacollectie	9
	1.2.2 Fase 2: Teeltonderzoek daglengte en pottemperatuur	10
	1.3 Doelstellingen	10
	1.4 Te bereiken resultaten:	10
	1.5 Samenvatting literatuurstudie	10
2	Opzet experiment en metingen	13
	2.1 Experiment	13
	2.2 Metingen	13
	2.3 Dataverwerking	14
3	Resultaten	15
	3.1 Realisatie klimaat	15
	3.1.1 Lichtniveau en -som	15
	3.1.2 Temperatuur, RV en CO ₂	15
	3.2 Productie van bloemen	17
	3.3 Kwaliteit van bloemen	20
	3.3.1 Droge stofgehalte	20
	3.3.2 Takgewicht	20
	3.3.3 Bloemdiameter	22
	3.3.4 Lengte	22
	3.4 Scheutontwikkeling	23
	3.4.1 Scheuten	24
	3.5 Bladontwikkeling	26
	3.5.1 Bladaantal	26
	3.5.2 Verhouding blad:bloem	28
	3.6 Bladkenmerken	28
	3.6.1 Drogestofgehalten	28
	3.6.2 Specifiek bladoppervlak	28
	3.7 Pottemperatuur	30
	3.7.1 Productie en kwaliteit	30
	3.7.2 Plantkenmerken uit de sloopwaarneming	32
	3.7.3 Uitgroeiduur	34
4	Discussie en conclusies teeltproef	35
	4.1 Discussie	35
	4.1.1 Invloed daglengte	35
	4.1.2 Invloed pottemperatuur	35
	4.1.3 Schematisch overzicht	36
	4.2 Conclusies	36

5	Werking van het Groeimodel gerbera	37
	5.1 Algemeen	37
	5.1.1 Fotosynthese	37
	5.1.2 Bladgroei	38
	5.1.3 Bloemgroei	39
	5.1.4 Opschaling van orgaan naar gewas	39
	5.2 Klimaatberekening	40
	5.3 IJking op daglengteproef	41
	5.4 Validatie	46
	5.5 Aanpassingen model-interface	50
	5.6 Conclusies	50
6	Referenties	51
Bijlage I	Curves uitgroeiduur verwarmde en onverwarmde pot	53
Bijlage II	Model interface	55
Bijlage III	Help documentatie	57
	1.1 Introductie	57
	1.1.1 Aanbevolen werkwijze programma (zie ook punten in afbeelding)	57
	6.1.2 Menu "Instellingen"	58
	6.1.3 Sturen toekomstig klimaat	58
	6.1.4 Model op rails krijgen - tunen - met schuifjes	59
	6.1.5 Aflezen van de grafieken	59
	6.1.6 CO ₂ doseercapaciteit	60
	6.1.7 Printen van de resultaten	60
	6.1.8 Registratie en logboek menu	60
	6.2 Voor vragen en suggesties:	61
	6.3 Disclaimer en waarschuwing	61
7	Bijlage 5. Model details	63

Voorwoord

Dit rapport beschrijft de ontwikkeling van een groeimodel voor snijgerbera, waarbij eerst de speciaal voor het model uitgevoerde daglengteproef aan bod komt, gevolgd door modelbeschrijving en -resultaten.

Er waren meerdere redenen om een groeimodel voor gerbera te ontwikkelen. In de teeltpraktijk was er behoefte om meer inzicht te krijgen in het produceren van meer bloemen per m² maar dan met behoud van kwaliteit en zonder terugslag na genomen teeltmaatregelen. Hiervoor was kennis nodig over assimilatenverdeling binnen het gewas in relatie tot omgevingsfactoren. Deze kennis kan uitstekend door groeimodellen worden geleverd, mits er genoeg bekend is over blad- en bloemafplitsing. Het effect van daglengte bleek uit eerdere ervaringen van grote invloed op deze afsplitsing. Om die reden is eerst een daglengteproef uitgevoerd, en de resultaten zijn, samen met die van eerdere proeven, benut om het model op te bouwen en te testen. Met dank aan de telers uit de gebruikersgroep zijn ook hun data en hun ervaringen met het model gebruikt om het groeimodel te verbeteren.

Het gerbera groeimodel is voor zover wij weten het eerste uitgebreide plantenfysiologische model dat door telers zelf wordt ingezet in hun bedrijfsvoering. De auteurs danken de landelijke commissie gerbera voor hun financiering van proef en modelbouw en voor hun vooruitziende blik ten aanzien van inzet van modellen als gereedschap om wetenschappelijke kennis in de teeltpraktijk te benutten.

Samenvatting

Deze rapportage bevat een verslag van een daglengteproef uitgevoerd bij WUR Glastuinbouw te Bleiswijk en de beschrijving van opbouw en resultaten van het groeimodel gerbera. Het onderzoek, gefinancierd door het Productschap Tuinbouw op verzoek van de landelijke commissie gerbera, had tot doel inzicht te verkrijgen hoe de bloemproductie te maximaliseren zonder in te leveren op bloemkwaliteit.

Ten behoeve van de ontwikkeling van het groeimodel zijn een literatuurstudie, een teeltproef en de feitelijke modellenbouw verricht. Op basis van de eerder reeds gerapporteerde literatuurstudie bleek dat er kennis ontbrak over de gewasrespons op daglengte en verder experimenteel onderzoek nodig was. Aldus is een teeltproef gedurende 1 jaar met 3 verschillende daglengten uitgevoerd, waarbij de klimaatomstandigheden tussen de behandelingen verder gelijk waren. Hierbij is de gewasreactie ten aanzien van bloemproductie en -kwaliteit van de cultivars Kimsey en Heatwave onderzocht. De gemeten bloemproductie is bij Kimsey gelijk bij daglengten van 11.5 en 14 uur en is hoger bij 9 uur, bij Heatwave is er geen productieverval tussen de 3 daglengten. Heatwave produceerde bij 14 uur wel zwaardere bloemtakken, terwijl bij Kimsey geen verschil in bloemeigenschappen tussen de daglengten is gemeten. Vorming van scheuten, oftewel een aaneengesloten groepje van voortgezette fytoeren bestaande uit bladeren en bloemen, is uitgebreid onderzocht in de veronderstelling dat hiermee de invloed van daglengte op generativiteit en bloei verklaard zou kunnen worden. Deze rol van de scheuten was niet meetbaar, wel was bij kortere daglengten het aantal bladeren en bloemen hoger waarbij blad en scheut tevens minder zwaar waren. Verhoging van de potttemperatuur liet een vertraagde uitgroei en iets kleinere bloemen zien bij Kimsey, terwijl bij Heatwave geen plantrespons meetbaar was.

De daglengte respons is vervolgens in het groeimodel verwerkt. Het model kon verder gevoed worden met vele data uit eerdere teeltproeven binnen de gerberasector, en met gewasregistraties binnen dit project uitgevoerd door de betrokken gerberakwekers. Het model bevat een gedetailleerde berekening van de fysiologische groeiprocessen, in afhankelijkheid van licht, temperatuur, CO₂, luchtvochtigheid en daglengte. De calibraties van de cumulatieve bloemproductie zijn voor de meeste behandelingen van de daglengteproef goed geslaagd. Daarnaast zijn ook de bloemgewichten goed gesimuleerd. De simulatie van de LAI ontwikkeling was niet altijd conform de metingen, wat zowel aan de grote variatie in de metingen als aan het model kan liggen. Evenwel ging dit niet ten koste van de simulatie van de bloemproductie en -gewichten.

De modelvalidatie is eerst uitgevoerd voor het kleinbloemige ras Kimsey. Validatie bij Het Nieuwe Telen heeft een juiste simulatie van de bloemproductie opgeleverd. De validaties bij de telers uit de gebruikersgroep zijn geslaagd t.a.v. de cumulatieve aantallen en versgewichten van bloemen, omdat de tuning-schuifjes hiervoor een goed gereedschap zijn. Het tijdsverloop van productie en van bloemkenmerken (bv. diameter) zijn lastiger maar konden na modeluitbreiding voor een specifieke kas goed geïkht worden. De tuning is ook voor 2 aanvullende rassen klein- en grootbloemig (Suri, Bison resp. Candela en Rich) uitgevoerd ten behoeve van een bredere praktijktoepassing. Voor toekomstvoorspellingen ten aanzien van gekozen scenario's is het model geschikt indien het via meelopende registratie goed is geïkht. De responses op daglengte, CO₂, temperatuur en licht zijn wetenschappelijk correct zodat daarmee scenario's kunnen worden doorgerekend.

In de huidige staat is het groeimodel bruikbaar voor de praktijk. Met een correct uitgevoerde meelopende registratie zijn ook de lastige bloemkwaliteitsaspecten binnen het model (bloemgewicht, steellengte, mogelijk ook bloemdiameter) goed te iken na een registratieperiode van 6 maanden. Met de kwekers en teeltadviseurs is een uitgebreide model interface ontwikkeld die de kweker de mogelijkheid biedt om bloemproductie en -kwaliteit te voorspellen als gevolg van vele mogelijke combinaties van klimaatcondities. Het model kan online meerekenen met klimaat en productie registratie van een teelt door datakoppeling met letsgrow.com. Het model is alleen beschikbaar voor Nederlandse gerberatelers.

1 Introductie

1.1 Aanleiding

In 2010 benaderde de FloriConsultGroup de business unit Glastuinbouw van Wageningen UR met het voorstel om een gerbera groeimodel voor de gerberatelers te ontwikkelen. De wens was om voor de teeltpraktijk een wetenschappelijk onderbouwd model te ontwikkelen dat gerichte teeltadviezen kon geven om een gewenste bloemproductie of -kwaliteit te verkrijgen. Voor gerbera was indertijd een eenvoudig groeimodel in meerdere varianten aanwezig (De Visser e.a., 2010; Richter, 2001; QMS/DLV Plant, mond.med.), maar dit type model kon niet bepalen of de groei naar blad of bloemen gaat. Deze bestaande modellen zijn basisgroeimodellen op basis van droge stof productie, die m.b.v. klimaatgegevens de groei van het gewas berekenen via de belangrijkste groeiprocessen van de plant, zoals lichtonderschepping door bladeren, fotosynthese, ademhaling. Dit geeft als output de totale groei van de plant in aantal kilogram. Door middel van een aangenomen vaste verdeling van assimilaten wordt daar vervolgens een schatting van de bloemproductie mee gemaakt. Vanuit andere gewassen was al veel bekend over blad- en bloemafplitsing en de droge stof verdeling. Dit worden 'sink: source' relaties genoemd. Simpel gezegd zijn 'sources' de plantdelen die assimilaten opleveren (blad) en 'sinks' de onderdelen die assimilaten nodig hebben (o.a. bloemen). Het kan gebeuren dat er veel bloemen worden afgesplitst, maar er vervolgens onvoldoende assimilaten beschikbaar zijn om ze verder te ontwikkelen. Er is dan teveel 'sink' ten opzichte van de 'source' en een deel van de bloemen wordt geaborteerd. Het is dus van belang deze in evenwicht te houden.

Er was behoefte om de groeimodellen voor gerbera te verbeteren door de assimilatenverdeling binnen het gewas in relatie tot omgevingsfactoren en blad- en bloemafplitsing in beeld te brengen. Dit is nodig als men wil sturen op maximale bloemproductie met behoud van kwaliteit. Het was niet bekend wat de optimale verhouding was tussen daglengte, temperatuur en lichtniveau. Hierbij is de dynamiek van wisselende klimaatcondities in de tijd en de steeds wijzigende status van het gewas een extra complicerende factor. Met een model dat de processen integreert, kan dit beter in beeld gebracht worden. Zo kan bijvoorbeeld het dichttrekken van een scherm nodig zijn voor het korte dag effect, maar nadelig zijn voor planttemperatuur en/of drogestofproductie en op termijn een dunner gewas geven

Met een verbeterd groeimodel kan de rentabiliteit van de teelt van Gerbera verhoogd worden door:

1. Meer kennis van de effecten van klimaat op generatieve/vegetatieve ontwikkeling en bloemkwaliteit
2. Effectieve(re) benutting van bestaande data uit klimaatPC (en uiteindelijk ook plantsensoren bijv. GrowWatch) door koppeling aan een adviserend groeimodel.

Dit maakt een beter afgewogen keuzemogelijk m.b.t. het brede scala aan sturingsmogelijkheden in de teelt, zodat inzet van CO₂, daglengte, groeilicht en temperatuur daadwerkelijk leidt tot een optimale balans tussen productieniveau en -kwaliteit bij een zo beperkt mogelijk energiegebruik.

1.2 Gevolgde aanpak

1.2.1 Fase 1: literatuurstudie en datacollectie

In fase 1 is een literatuurstudie uitgevoerd en heeft datacollectie plaatsgevonden vanuit onderzoek dat in het verleden in Gerbera is uitgevoerd, praktijkbedrijven en via het project Qsense. De resultaten van fase 1 zijn gepubliceerd in het rapport literatuuronderzoek bloei gerbera (Eveleens et al., 2011) en samengevat in paragraaf 1.4. In deze fase is ook een aanzet gemaakt met het opzetten van het modelplatform. De resultaten met dit model maakte de geplande kasproef wenselijk. Met de kasproef is de dataverzameling uitgebreid en is tevens een variatie aangelegd in daglengte en potttemperatuur, zodat deze beter in het model verwerkt kunnen worden.

1.2.2 Fase 2: Teeltonderzoek daglengte en pottemperatuur

1.3 Doelstellingen

Hoofddoelstelling: Model met bloemproductie

Verbetering van het bestaande gerbera groeimodel door toevoeging van het effect van wisselende klimaatcondities en daglengte op bloemproductie. Dit door middel van een verdieping in:

- blad- en bloemafplitsing,
- droge stof verdeling tussen blad, wortels en bloemen,
- bloemabortie,
- bloemproductie en
- effect worteltemperatuur op afsplitsing.

Dit onderzoek richt zich op het bepalen van de invloed van CO₂, lichtniveau, daglengte, en ruimtetemperatuur op groei in zijn geheel (beschikbaarheid assimilaten en aanmaak droge stof) en afsplitsing en droge stof verdeling in het bijzonder, zodat naast fotosynthese ook de bloemproductie kan worden geoptimaliseerd. Deze nieuwe kennis is specifiek gericht op rekenregels voor maximalisering van bloemafplitsing en -productie.

Het doel van de teeltproof:

1. Van 2 gerbera rassen de effecten van verschillende daglengten op groei, ontwikkeling en kwaliteitskenmerken te bepalen.
2. De invloed van licht verwarmd substraat op bovengenoemde groeikarakteristieken te bepalen.
3. De ontwikkeling van vertakkingen en voortzettingen adequaat te volgen zodat de data als input in het groeimodel te gebruiken zijn.

1.4 Te bereiken resultaten:

- Een kwantitatief inzicht in de effecten van klimaat op groei, bloemontwikkeling en droge stof verdeling van Gerbera.
- Een voor telers bruikbaar computerprogramma met model waarmee de groei en bloemproductie berekend wordt in relatie tot klimaatfactoren en energie-input. Dit is een hulpmiddel op basis waarvan zij gericht actie kunnen nemen om de bloemproductie en energie-efficiency te verbeteren.
- Het programma kan zowel “stand-alone” als gekoppeld aan het Letsgrow platform functioneren.
- Waar mogelijk worden vuistregels opgesteld zodat ook telers die minder met de computer werken baat hebben bij de opgedane kennis.

1.5 Samenvatting literatuurstudie

Er is behoefte om de groeimodellen voor gerbera te verbeteren door de assimilatenverdeling binnen het gewas in relatie tot omgevingsfactoren en blad- en bloemafplitsing in beeld te brengen. Dit is nodig om te kunnen sturen op maximale bloemproductie met behoud van kwaliteit. Het is niet bekend wat de optimale verhouding is tussen daglengte, temperatuur en lichtniveau. Hierbij is de dynamiek van wisselende klimaatcondities in de tijd en de steeds wijzigende status van het gewas een extra complicerende factor. Met een model dat de processen integreert, kan dit beter in beeld gebracht worden. Zo kan bijvoorbeeld het dichttrekken van een scherm nodig zijn voor het korte dag effect, maar nadelig zijn voor planttemperatuur en/of drogestofproductie en op termijn een dunner gewas geven.

Met een verbeterd groeimodel kan de rentabiliteit van de teelt van Gerbera verhoogd worden door:

1. Meer kennis van de effecten van klimaat op generatieve/vegetatieve ontwikkeling en bloemkwaliteit
2. Effectieve(re) benutting van bestaande data uit klimaatPC (en uiteindelijk ook plantsensoren) door koppeling aan een adviserend groeimodel.

Dit rapport omhelst deel 1A van het project, een literatuurstudie, waarin een overzicht gemaakt is van bestaande kennis over het effect van klimaatfactoren op groei, fotosynthese, ademhaling, afsplitsing, droge stof verdeling en bladoppervlak. De dynamiek tussen de verschillende klimaatfactoren en de toepassing van bestaand onderzoek voor het model is ook aan de orde gesteld.

Een gerberaplant heeft een sympodiale groeiwijze wat betekent dat de hoofdscheut en zijscheuten en voortzettingen (zij van zij scheuten) allemaal met elkaar verbonden zijn, en blijven tijdens de teelt. Er is wel een verband tussen het aantal blad en de hoeveelheid aanlegde bloemen maar geen verband tussen het aantal blad en het aantal werkelijke gevormde stelen. Dit komt door de complexiteit aan effecten van de combinatie licht en temperatuur op de bloemontwikkeling waarin daglengte als lichtintensiteit tegenstrijdige rollen lijken te spelen. Gerbera is een kwantitatieve korte dag plant wat betekent dat over het algemeen er minder bloemen worden geproduceerd als de nachten korter worden (d.w.z. een langere dag).

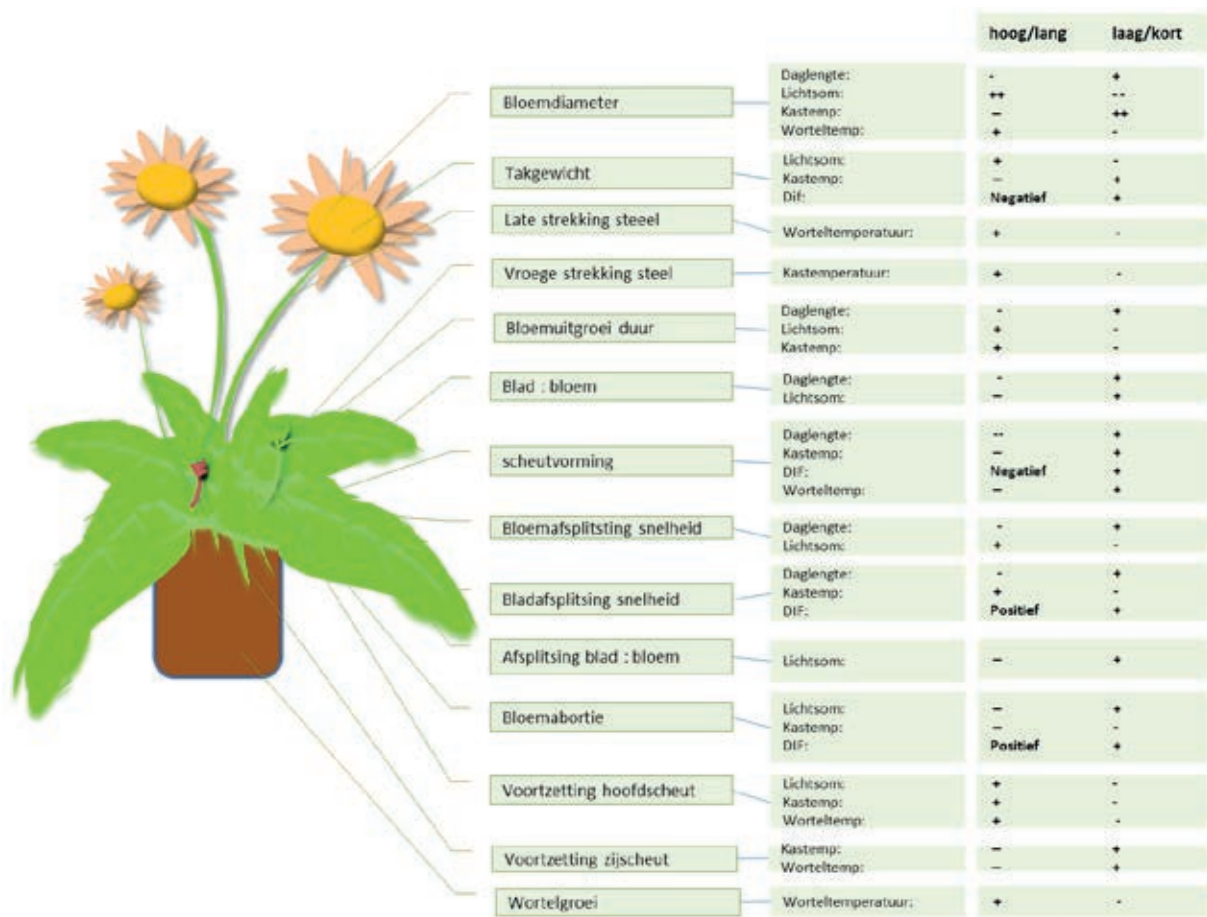
Bloei wordt wel gestimuleerd door assimilatiebelichting maar voor cultivars die gevoelig zijn voor een korte dag behandeling geeft assimilatie belichting alleen tijdens een korte dag een meerwaarde. Bijbelichten voor meer dan 12 uur werkt knopinitiatie tegen, terwijl hogere lichtniveau 's bloei-initiatie bevorderen. Het wel of niet aborteren van een bloem is ook afhankelijk van de fase waarin de bloemontwikkeling zich bevindt bij de 'ongunstige omstandigheden' van (te) hoge temperatuur of (te) laag licht. Verschillende onderzoeken geven aan dat het aantal aanwezige zijscheuten bij het uitgroei van de eerste bloem bepalend zijn voor de productie. Dit geeft aan dat het plantvorm bij aanvang van de teelt van belang lijkt te zijn.

Bijbelichten in de donkerste periode van het jaar heeft wel positieve effecten op de kwaliteit en productie maar bij meer dan 12 uur per dag belichting, ontstaat een sterke productierugval vanaf 5-6 weken nadat de daglengte is verlengd naar meer dan 12 uur. Deze terugval treedt niet op bij telers die minder dan 12 uur per dag belichten. Een daglengte verkorting in de zomer verlaagt de blad/bloem verhouding. Misschien is het mogelijk om verschillende daglengtes te handhaven naar, en vanaf de langste dag.

Een hoge temperatuur en relatief lage lichtniveau 's stimuleren vegetatieve groei en geven meer blad en minder bloemen (door abortie). Bij lage temperaturen wordt minder blad aangelegd (lage bladafplitsingsnelheid) en gedraagt de plant zich meer generatief en vormt meer bloemen. Een hogere lichtintensiteit stimuleert nog minder blad. Een hoge temperatuur bevordert het aantal voortzettingen op de hoofdscheut terwijl lage temperaturen en korte dag het aantal zijscheuten en hun voortzettingen bevorderen. Het is niet duidelijk wat voor effect dit heeft op het werkelijke aantal geoogste bloemen.

Doordat gerbera een rozet groeiwijze heeft is het effect van de luchttemperatuur op de plant moeilijk te beoordelen. Belichting kan ook de planttemperatuur beïnvloeden. Bodemtemperatuur stimuleert bladafplitsing en wortel verwarming en lage luchttemperaturen verhogen de productie en kwaliteit. De temperatuur van de bodem heeft ook een effect op de planttemperatuur vanwege de plantvorm.

Figuur 1 geeft de interacties weer tussen morfologie van de plant en de meest bepalende klimaatfactoren. Voor het juiste begrip van de groei van gerbera is het noodzakelijk deze interacties te zien in relatie tot de plantopbouw. De gerberaplant is opgebouwd uit aan elkaar verbonden scheuten die allen na 1 tot 5 bladeren eindigen in een paar bloemen en zich daarna voortzetten. De productie wordt bepaald door de hoeveelheid scheuten die zich voortzetten, bloemen die afsplitsen, het aantal bladeren tussen de bloemparen, de afsplitsingsnelheid, de uitgroeiduur van de bloem en bloemabortie. De basis voor de productie op lange termijn is het aantal scheuten, maar op korte termijn bepalen de afsplitsingsnelheid, het aantal bladeren tussen bloemparen, de uitgroeiduur en bloemabortie de productie. Zoals in de Figuur is af te lezen zijn de meest gunstige omstandigheden voor productie min of meer tegengesteld aan die voor scheutvorming en voortzetting van zoveel mogelijk scheuten. Dezelfde tegenstelling is er ook tussen kwaliteit en abortie ten opzichte van productiesnelheid, met name bij een afnemende lichtsom.



Figuur 1. Samenvatting morfologie en klimaatfactoren voor snij-Gerbera (Eveleens et al. 2011).

Een hogere CO₂-niveau geeft een hogere productie maar verneveling kan een negatief effect hebben op plantkwaliteit in het najaar. Een lange nacht periode heeft ook een effect op het nachtklimaat in de kas omdat er geschermd wordt en dit kan een effect hebben op het kasklimaat (hoge luchtvochtigheid) in de nacht vooral in de zomerperiode.

Uit analyse van de huidige beschikbare data en de literatuurstudie zijn de volgende punten geïdentificeerd als gebieden waarin er onvoldoende kennis is.

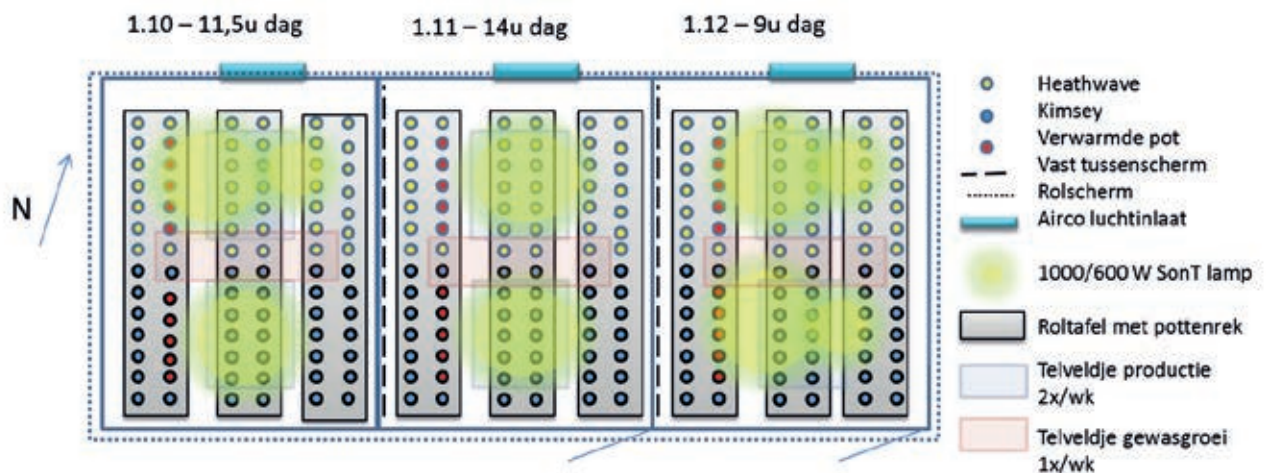
- Effect plantopbouw (aan het begin van de teelt) op de productie(-potentie) en mogelijkheden hierin te sturen.
- Eenduidigheid over hoe zijnscheuten en hoofdscheut elkaar remmen
- Fysiologisch concept over hoe daglengte en temperatuur interacteren t.a.v. bloei
- Effect van daglengtes van minder dan 11,5 uur met en zonder (bij)belichting
- Effect van de temperatuur van de plant (groeipunt/worteltemperatuur) op bloemontwikkeling
- Cultivar effecten op daglengte reacties
- Effect van daglengtes met meer kou in de nacht, kan een langere dag aangehouden worden bij meer kou?
- Effect van lange dag in perioden met veel natuurlijk licht en voorafgaand aan perioden met minder licht.

Aan de hand van deze gegevens wordt na overleg met de Begeleidings Commissie Onderzoek (BCO) de teeltproef uitgevoerd.

2 Opzet experiment en metingen

2.1 Experiment

De proef is uitgevoerd in geconditioneerde kassen van 24 bruto m² en 14 netto m². De verduistering van de kassen is vlak na aanvang van de proef door een schermbedrijf aangepakt om geveleffecten verder te verminderen. In de eerste 6 weken van de proef was de verduistering niet volledig praktijkconform, maar naar verwachting wel donker genoeg voor het gewenste daglengte effect. Er stonden bij aanvang 95 planten per kas verdeeld over 2 cultivars Kimsey en Heatwave. De middelste 10 planten van elke kas zijn gebruikt als telplant voor uitsluitend de productie (groene vlak). De planten midden in de kas op de scheiding van de twee cultivars zijn gebruikt als meetplanten. Bij deze planten is het aantal nieuwe bloemen en bladeren bijgehouden. Er zijn vijf keer destructieve metingen uitgevoerd eind sept, begin dec, begin feb, begin april, begin juli, waarbij de hele plant werd gesloopt. Hiervan werden steeds 5 aaneengesloten planten gebruikt uit de buitenste 2 bedden. Bij de laatste destructieve waarneming zijn oogstmeetplanten, telmeetplanten en planten met verwarmde pot allemaal gesloopt. De ruimte die was ontstaan door destructieve metingen, is vanaf januari steeds opgevuld met jonge planten na het slopen. Deze planten zijn niet meer voor waarnemingen gebruikt, maar diende als kasvulling. De planten hingen in een rek waardoor de plantdichtheid constant was. Alleen bij aanvang stonden er ook planten tussen het gewas en extra planten op de kopeinden die later zijn tussen gevoegd om voldoende sloopplanten te hebben.



Figuur 2. Overzicht van de kasindeling.

2.2 Metingen

De volgende metingen zijn voor het onderzoek verricht:

Klimaat:

- PAR, CO₂, RV, kasttemperatuur, planttemperatuur (thermokoppels en IR camera), potttemperatuur (5-minutenwaarden).
- Plant en potttemperatuur per ras, en (voor potttemperatuur) voor de worteltemperatuurbehandeling

Niet-destructieve monitoring:

- Productie: aantal en versgewicht bloemen per bundel (oogstfrequentie 2 of 3 x per week).
- Vers- en drooggewicht per stuk, steelgewicht en bloemknopgewicht, lengte en bloemdiameter (tweewekelijks).
- Bloem- en bladafsplitsing en abortie: aantal nieuwe knoppen en nieuwe bladeren tellen (tweewekelijks).

Sloopmetingen:

- metingen gehele plant o.a. voor droge stof percentage en -verdeling (tweemaandelijks en bij de start). Dit aan 5 planten per kas per ras, incl. de planten die voor monitoring (zie boven) gebruikt werden:
 - o Aantal knoppen (groot, klein, knop)
 - o Aantal vertakkingen
 - o Aantal bladeren
 - o Steelgewicht en bloemknopgewicht (vers en droog)
 - o Bladgewicht (vers en droog)
 - o Steellengte
 - o Bladoppervlak (deelmonster van 5 bladeren van verschillende grootte, ter bepaling van relatie opp=LxB, en opschalen naar plant via versgewicht)

Fotosynthesemetingen:

- CO₂-fixatie gemeten aan uitgegroeid en jong blad, bij 3 planten per ras, bij 1 kas
- verschillende CO₂-trappen (200 tot 1500 ppm), verschillende temperaturen (15, 20, 25), verschillende PAR (0 tot 2000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
- hiermee worden het lichtverzadigingspunt, de lichtbenuttings efficiëntie en de dissimilatie(=donkerademhaling)bepaald.

Plantmetingen bij worteltemperatuur-experiment:

Van december tot het eind van de proef is bij 5 planten de pottemperatuur continu met 2 °C verhoogd.

2.3 Dataverwerking

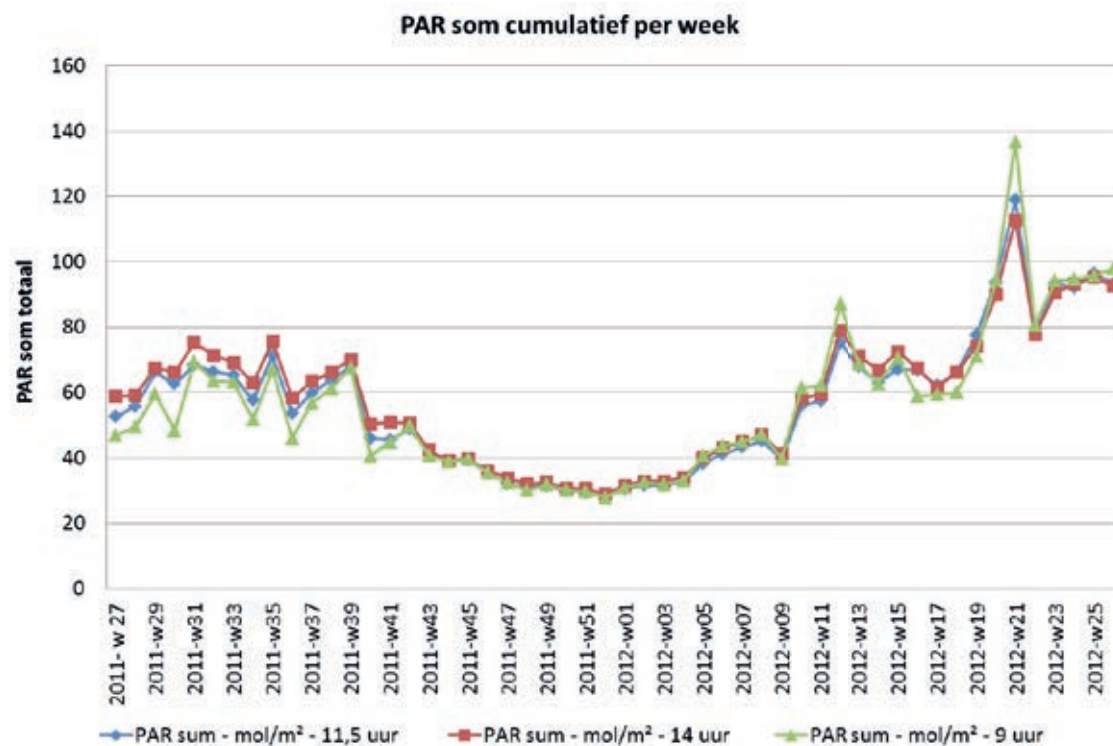
Alle data met betrekking tot klimaat is gelogd in LetsGrow.com via de klimaatcomputer en via meetpalen. De overige data is verwerkt in Excel. Doordat er geen herhaling van de behandeling is uitgevoerd is plaatseffect niet uit te sluiten, al zijn deze verschillen door de geconditioneerde kas en belichting wel zo klein mogelijk gemaakt. Statistische analyse van de data is echter niet mogelijk, waardoor de resultaten van de teeltproef geen wetenschappelijke kwaliteit hebben. Hier staat tegenover dat door de moderne faciliteiten wel zeer gelijkmatig klimaatomstandigheden gemaakt konden worden.

3 Resultaten

3.1 Realisatie klimaat

3.1.1 Lichtniveau en -som

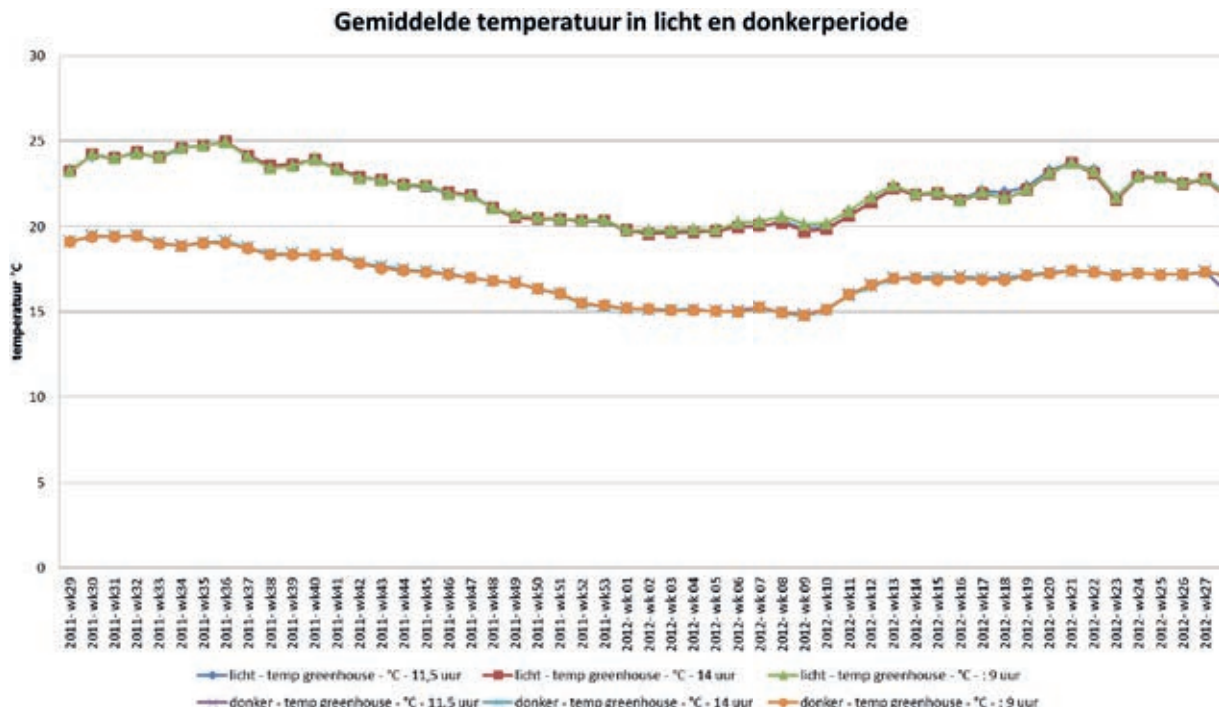
De proef is gestart met een klein verschil in hoeveelheid PAR licht, doordat belicht werd met gelijke intensiteit. Doordat bij 14 uur langer belicht werd was de lichtsom per week gemiddeld iets hoger. Dit is in overleg met de BCO afgesproken en in week 41 is besloten de lichtsom toch gelijk te trekken. Dit is gedaan door het aantal Watt per kas bij 9 uur te verhogen met 1200 Watt en bij 11,5 uur met 600 Watt. De lichtsom was hierna gedurende lange tijd gelijk. In het voorjaar en zomer zijn soms verschillen ontstaan als gevolg van aan en uitschakelen op natuurlijke instraling. Deze verschillen vielen min of meer tegen elkaar weg, zodat het enige wezenlijke verschil in lichtsom bij de start is ontstaan. De behandeling 9 uur heeft in totaal 114 mol minder licht gehad dan de behandeling met 14 uur. Volgens vuistregel van de praktijk zou dit overeen kunnen komen met 20 taken per m².



Figuur 3. Gemeten cumulatieve PAR-som per week (mol/m²) gedurende de proef.

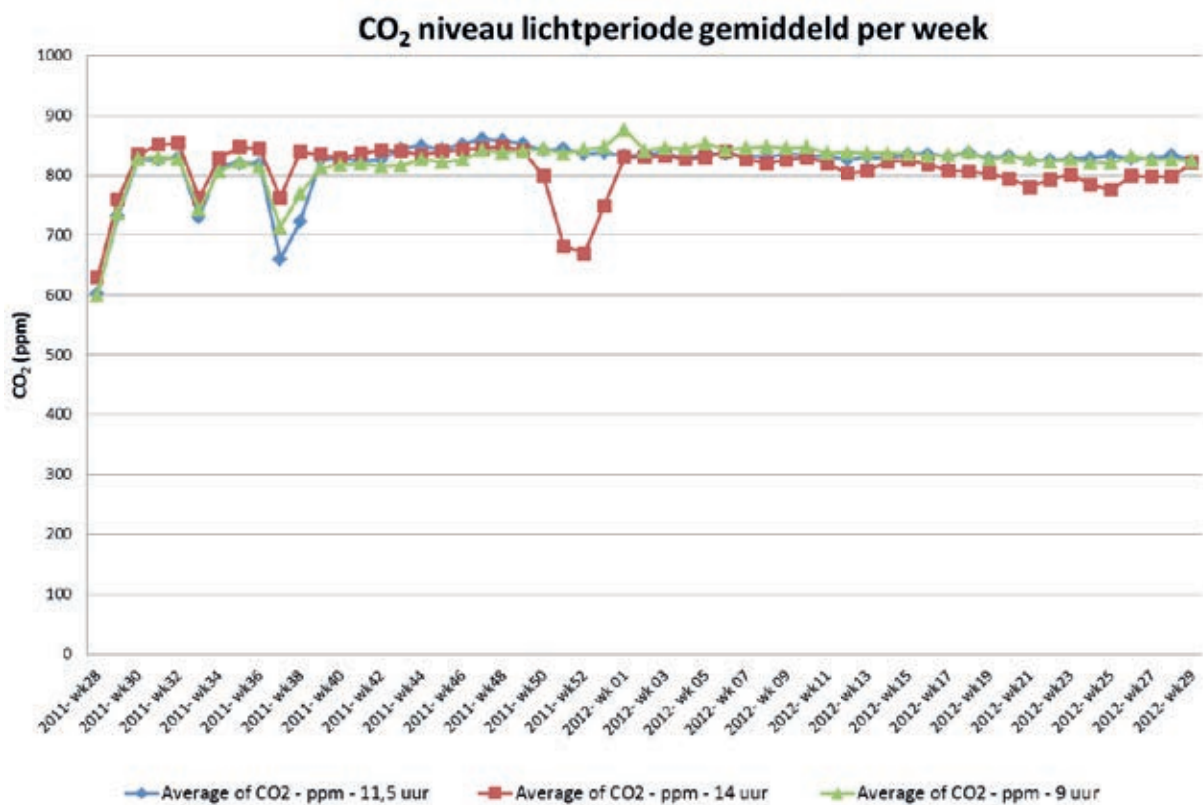
3.1.2 Temperatuur, RV en CO₂

Het verloop van de gemiddelde temperatuur is weergegeven in Figuur 4. De lijnen lopen nagenoeg op elkaar doordat ingestelde temperaturen in de geconditioneerde kas zeer goed gerealiseerd konden worden. Er is onderscheid gemaakt tussen temperatuur in licht en donkerperiode. Hiervoor is als lichtperiode in de grafiek voor alle behandelingen als tijdsinterval 7:00 tot 16:00 uur aangehouden. Dit geeft inzicht in het temperatuurregime. Voor alle behandelingen is hetzelfde temperatuurregime aangehouden. Het temperatuurregime werd elke 4 weken met de BCO geëvalueerd en tussentijds doorgesproken met teeltvoorlichter Martin van der Mei (FloriConsultGroup).



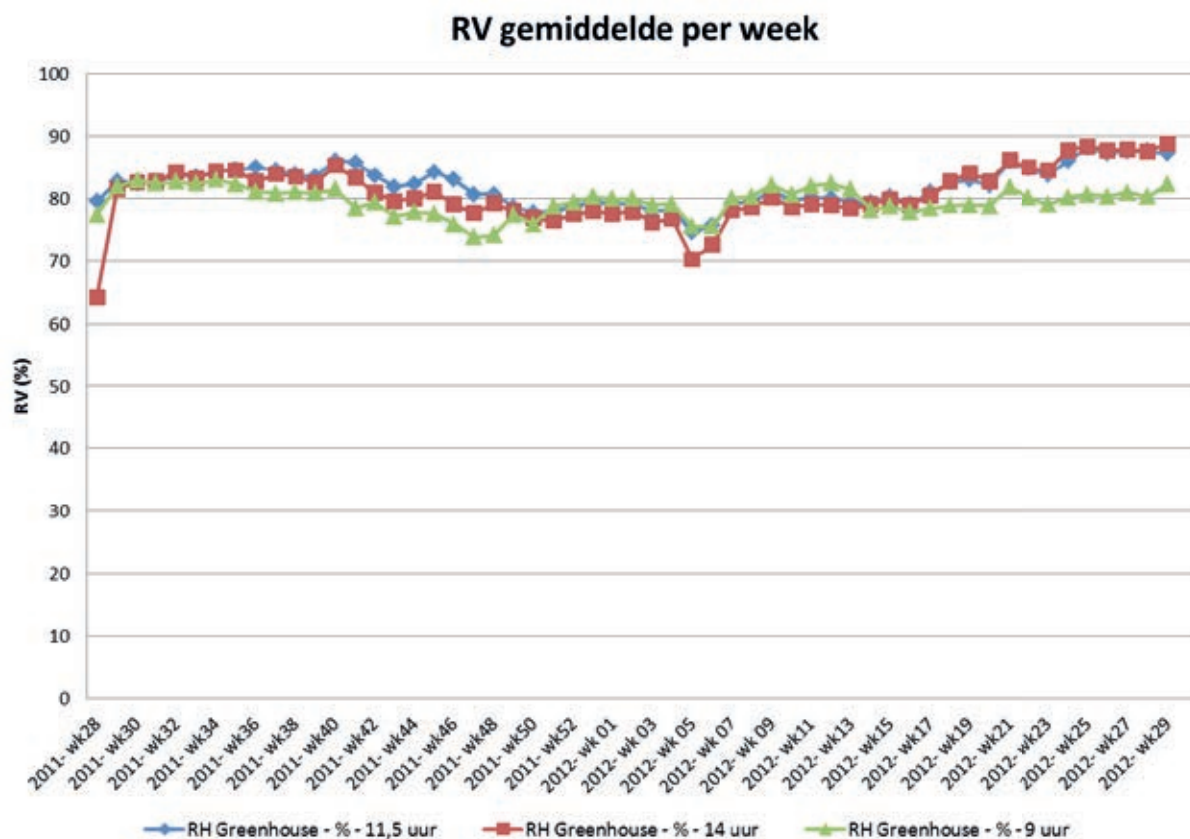
Figuur 4. Gemiddelde gerealiseerde temperatuur gedurende de proef.

Het verloop van de CO₂ concentratie in de lichtperiode is weergegeven in Figuur 5. De dagwaarde was gedurende de hele proef ingesteld op 850 ppm. Dit is over het algemeen goed gerealiseerd met uitzondering van 2 perioden waarin de leverantie vanuit de OCAP wegviel en de zuivere CO₂ voorraad niet toereikend was. In de afdeling van 14 uur is eind 2011 een storing geweest met een defecte toevoerleiding waardoor tijdelijk een lagere concentratie is gerealiseerd.



Figuur 5. CO₂ concentratie in de lichtperiode gemiddeld per week.

Het verloop van de gemiddelde RV gedurende de proef is weergegeven in Figuur 6. De RV was in de geconditioneerde kassen minder makkelijk te regelen dan de temperatuur doordat de lucht gedeeltelijk gerecirculeerd werd. Dit heeft tot kleine verschillen in RV geleid. Opvallend hierbij is de lagere RV van week 17 tot week 29. Er was een lagere RV in de afdeling met 9 uur daglengte in zowel de donker als de lichtperiode.



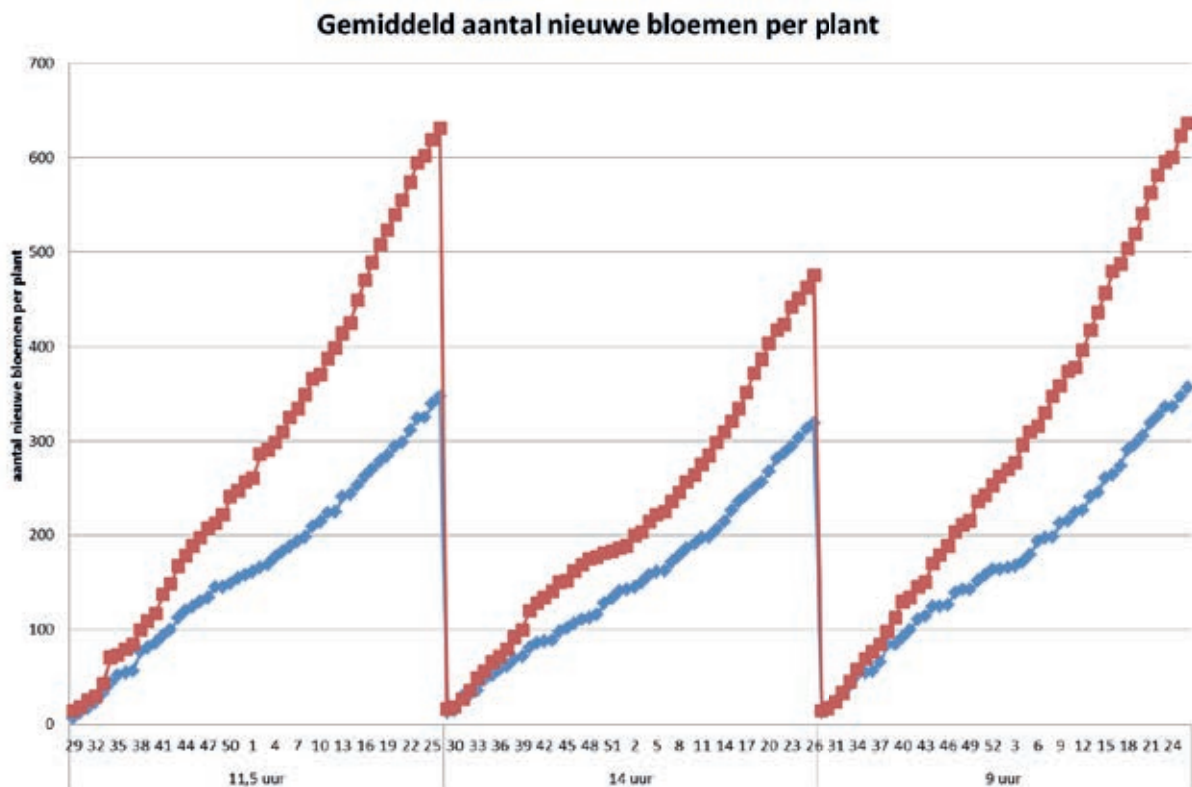
Figuur 6. Gemiddelde gerealiseerde RV per week.

3.2 Productie van bloemen

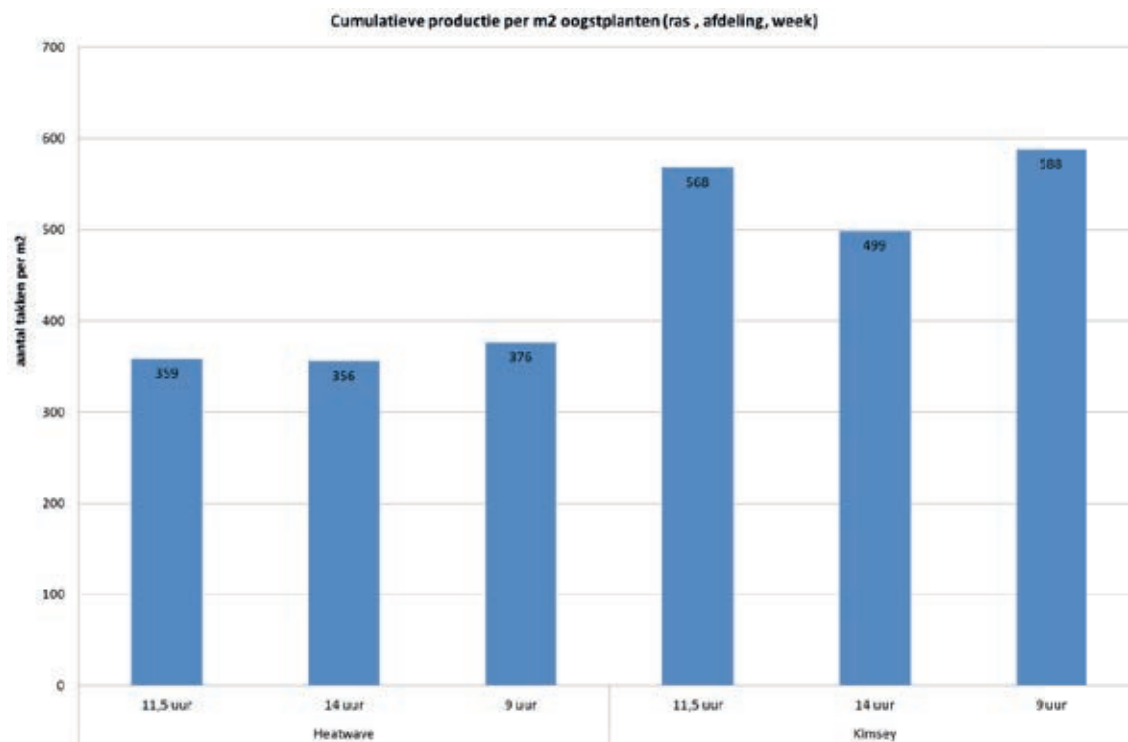
Kimsey reageert zeer duidelijk op langere daglengte door minder bloemen te produceren (Figuur 8). Deze reactie is bij Heatwave slechts zeer beperkt en terug te voeren op de periode week 39 tot 47 in 2011 (Figuur 7). Dit is niet vanuit een daglengtegevoeligheid te verklaren. Uit Figuur 10 is af te lezen dat bij Kimsey steeds meer bloemen op de plant aanwezig zijn geweest. Het aantal op de plant aanwezige, groeiende bloemen zakt in het najaar en winter, om weer snel in het voorjaar (februari) toe te nemen tot een maximum aantal in juli. Bovenop dit seizoensverloop kan er een toename plaatsvinden met de leeftijd van de plant, maar dit is niet te bepalen door de te korte tijdserie. Er werden bij 9 uur dus duidelijk steeds meer bloemen aangelegd wat naast het aantal bloemen per plant en de totaalproductie ook te zien is in het aantal nieuwe bloemen dat per week geteld is (Figuur 7). Opvallend is verder dat het verschil in aantal bloemen minder duidelijk is terug te zien in de massa aan geogoste takken (Figuur 9). Dit is te verklaren vanuit het taggewicht, zoals later besproken zal worden. Ook in de sloopwaarnemingen is het aantal bloemen geteld (data niet gepresenteerd). Ook in deze waarneming was bij Kimsey bij 14 uur daglengte het aantal bloemen altijd lager dan bij de andere daglengten. Bij 11.5 uur is echter in 4 van de 5 sloopmomenten het bloemaantal hoger dan 9 uur. Bij Heatwave zijn er ook hier geen consequente verschillen in aantal bloemen per plant tussen de behandelingen.

Er is opvallend weinig bloemknopabortie gezien. Wellicht dat bloemen in een stadium geaborteerd worden die niet met het oog is waar te nemen. Er zijn echter ook geen aanwijzingen dat er bloemen geaborteerd zijn geweest, zoals een bloem die in enkelvoud is uitgegroeid.

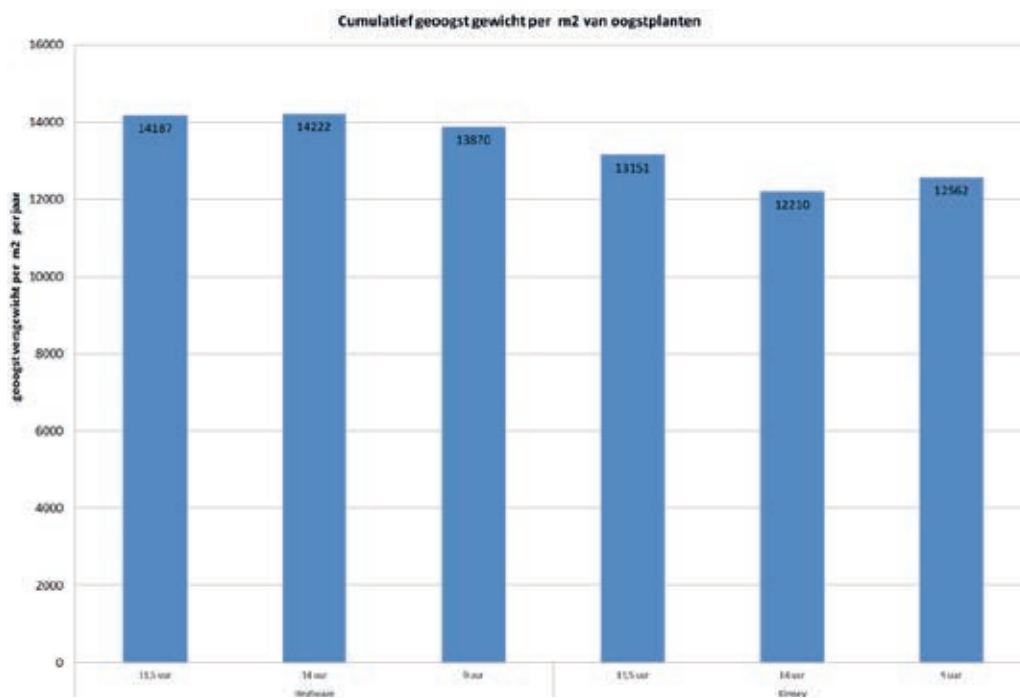
De uitval is heel laag geweest. Op basis van diameter onder 7,5 cm voor Kimsey en onder 10 cm voor Heatwave is dit lager dan 1% geweest. Op lengte valt er voor Kimsey bij 9 uur daglengte 1% uit als een ondergrens van 46 cm wordt gehanteerd. In andere afdelingen was de uitval op lengte lager dan 1%. Op basis van kwaliteit (kromme takken ed) is ook nog geen 1% uitgevallen. Totaal kan als % uitval het volgende aangehouden worden 2% voor 9 uur daglengte en 1% voor 11,5 uur en 0,5% voor 14 uur daglengte.



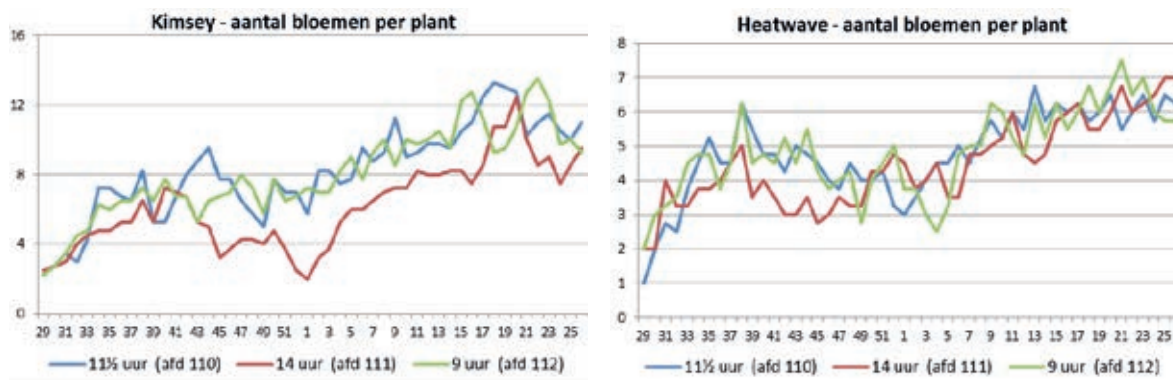
Figuur 7. Gemiddeld aantal nieuwe bloemen geteeld aan de meetplanten bij verschijnen en gecontroleerd aan het aantal totaal bloemen op de plant en het aantal geogste bloemen voor Kimsey (rode blokjes) en Heatwave (blauwe ruitjes).



Figuur 8. Productie in aantal takken per behandeling per cultivar per 10 planten.



Figuur 9. Productie in gram droge stof per behandeling per cultivar per 10 planten.

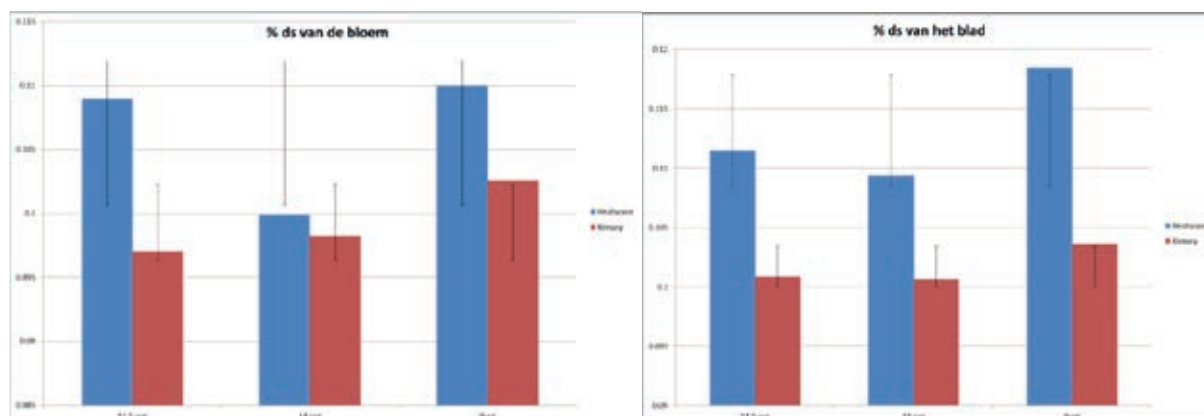


Figuur 10. Telling van het aantal bloemtakken totaal per plant aanwezig van de meetplanten.

3.3 Kwaliteit van bloemen

3.3.1 Droge stofgehalte

De drogestofgehalten zijn bij Kimsey altijd lager dan bij Heatwave (Figuur 11). Bij Heatwave is daarnaast bij 14 uur het %ds lager dan bij de andere daglengten. Dit duidt op een wat 'vegetatiever' status, en zal bij andere plantkenmerken ook steeds opduiken. Verder is voor beide rassen in de december meting het %ds het laagst van alle metingen.

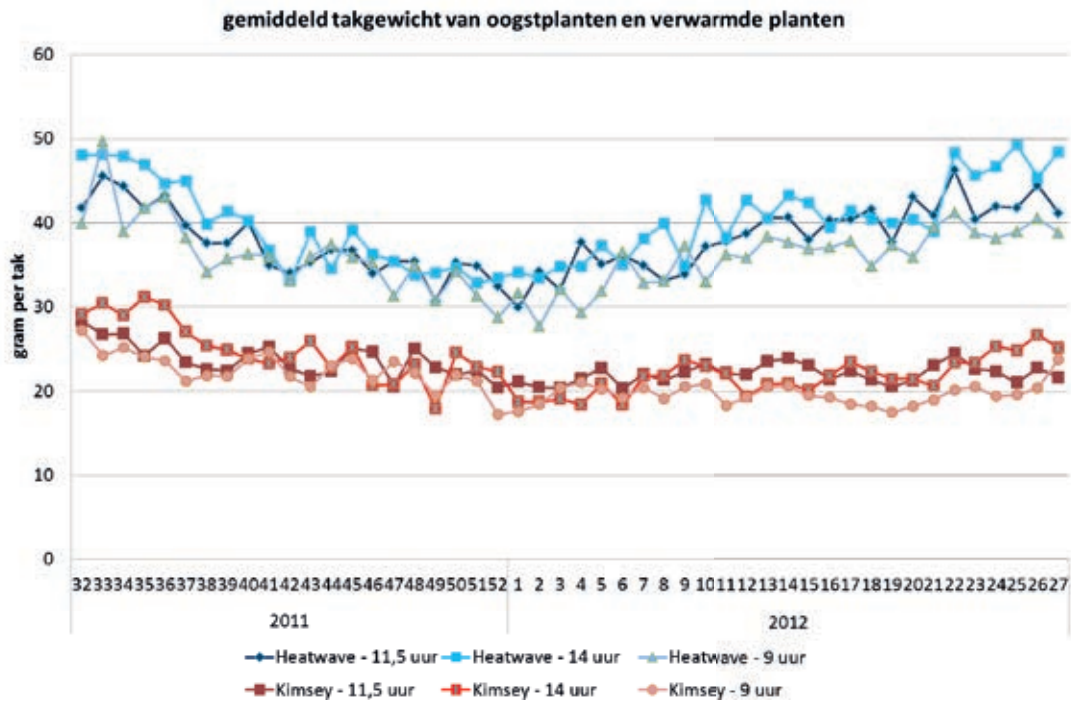


Figuur 11. Droge stof % van de bloemen en van het blad gemiddeld over alle sloopwaarnemingen.

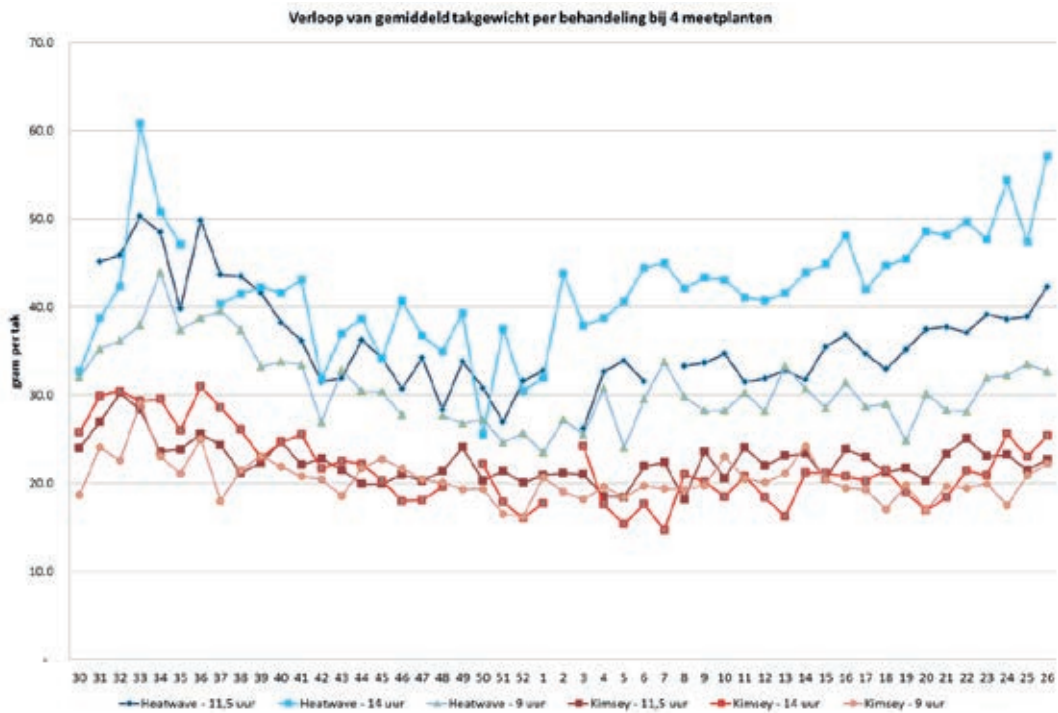
3.3.2 Takgewicht

Het takgewicht is op 2 manieren bepaald. Er is per tak gewogen van de vier meetplanten, hieruit is een gewogen gemiddelde bepaald (Figuur 13). Dit is het meest nauwkeurige gemiddelde, maar slechts van 4 planten. Daarnaast is de totaalopbrengst van de oogstplanten en de verwarmde planten is gewogen. Door het gewicht te delen door het aantal takken is ook het gemiddeld takgewicht bepaald. Dit is een minder nauwkeurige bepaling van het gemiddelde, maar wel over 10 tot 15 planten (Figuur 12). Het gemiddelde van deze laatste methode komt het best overeen met de verschillen die je kunt verwachten op basis van de productie en het geogst gewicht (Figuur 8 en Figuur 9). Daarom is dit gemiddelde opgenomen in het rapport.

Figuur 13. laat zien dat het takgewicht bij Heatwave een sterkere seizoensinvloed laat zien en dat bij 14 uur het takgewicht gemiddeld iets hoger is en bij 9 uur het takgewicht gemiddeld iets lager. Tegenovergesteld aan de productie dus. Er is een duidelijke dip in takgewicht in de wintermaanden te zien, wat een indicatie is dat lage lichtsom hier meer van invloed is op het lagere takgewicht, door assimilantekort, dan de lagere temperatuur, die de uitgroei vertraagt en meestal daardoor tot voldoende assimilatenaanvoer per tijdseenheid leidt.



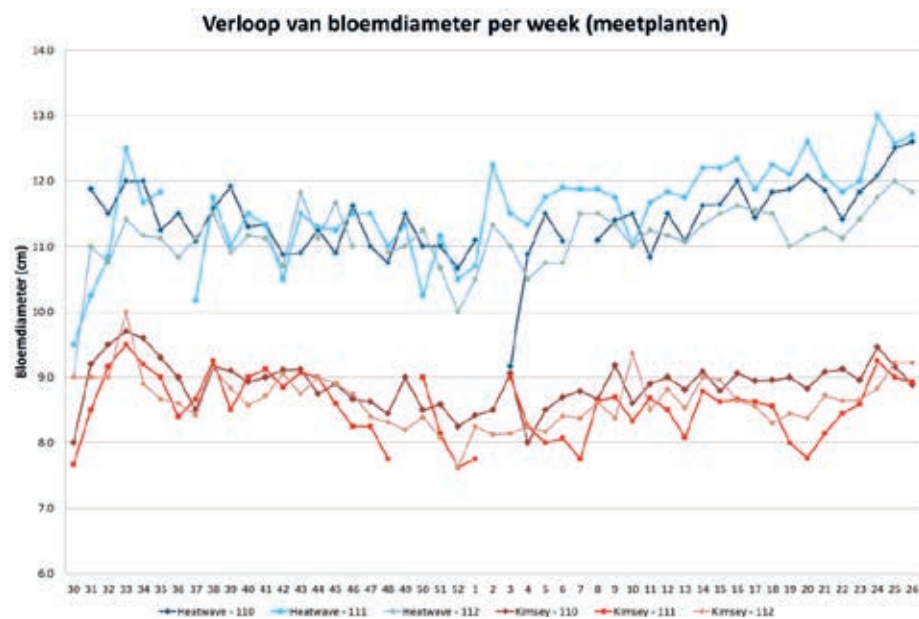
Figuur 12. Berekend takgewicht bepaald door geoogst gewicht/aantal takken bij 10 oogstplanten en vanaf 1 januari ook 5 verwarmde planten.



Figuur 13. Gemiddeld gewogen takgewicht per tak bepaald bij de 4 meetplanten per behandeling.

3.3.3 Bloemdiameter

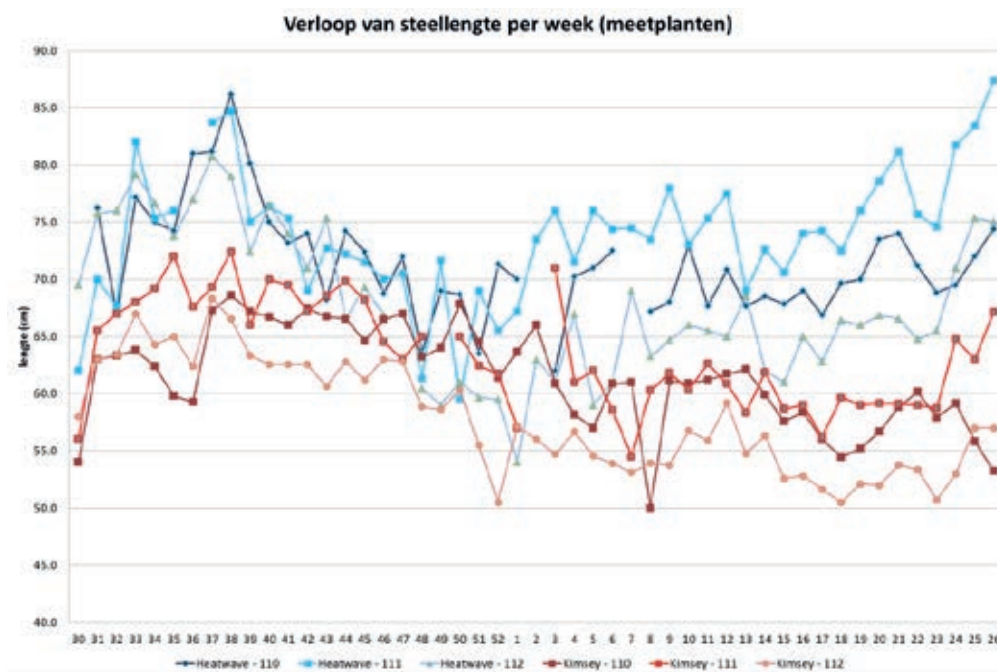
Het verloop van de bloemdiameter is weergegeven in Figuur 14. Bij Heatwave is hetzelfde beeld te zien als bij gemiddeld takgewicht, namelijk een grotere bloemdiameter bij een langere daglengte. Deze data is echter van de meetplanten. Er is vanaf januari ook bij de oogstplanten en verwarmde planten bloemdiameter bepaald. Bij deze bepaling is er geen verschil tussen de behandelingen in bloemdiameter (data niet gepresenteerd). Ook als de bloemgewichten nader beschouwd worden ten opzichte van de steelgewichten is maar een beperkt verschil tussen de behandelingen te zien. Het verschil in takgewicht kan daarom hoofdzakelijk toegeschreven worden aan het gewicht van de bloemsteel. Er is een duidelijke dip in bloemdiameter in de wintermaanden te zien, wat een indicatie is dat lage lichtsom tot een kleinere bloemdiameter, eenzelfde trend als gezien voor bloemgewicht.



Figuur 14. Gemiddelde bloemdiameter per behandeling bij de meetplanten.

3.3.4 Lengte

Het verloop van de steellengte in de tijd is weergegeven in Figuur 15. Ook hierbij is de weergegeven data van de meetplanten. Verschillen zijn hierin sterker geweest dan bij de oogstplanten. De trend dat een langere daglengte een langere steellengte tot gevolg heeft is evenwel ook in de data van de oogst en de verwarmde planten wel duidelijk zichtbaar (data niet gepresenteerd). Opvallend is dat in de kas met 11,5 uur daglengte de steellengte van Kimsey sterk afnam in de laatste weken van de teelt. Hiervoor is geen verklaring gevonden in cijfers van klimaat en voeding.



Figuur 15. gemiddelde Lengte per tak bepaald van de bloemtakken per behandeling bij de 4 meetplanten.

Alle waarnemingen zijn uitgevoerd met bloemen van maximale lengte. Voor de kweker zal het bloemgewicht van bloemen op 50 cm meer betekenis hebben. Ook in onderzoek naar de invloed van daglengte en belichting is vaak met bloemen afgesneden op 50cm gewerkt. Om de resultaten om te kunnen rekenen van takken op maximale lengte naar takken van 50 cm is de gewichtsverhouding onderste en bovenste stengeldeel bepaald voor Heatwave en Kimsey (2).

Tabel 1. Verhouding gewicht onderste deel van de steel ten opzichte van het totale steelgewicht.

Ras	lengte onderste stengel	Gewicht onderste stengel	gr/cm 50 cm stengel	gr/cm onderste deel	verhouding onder/boven
Heatwave	24.3	8.6	0.36	0.34	0.97
Kimsey	9.0	2.1	0.25	0.21	0.84
Gemiddelde					0.89

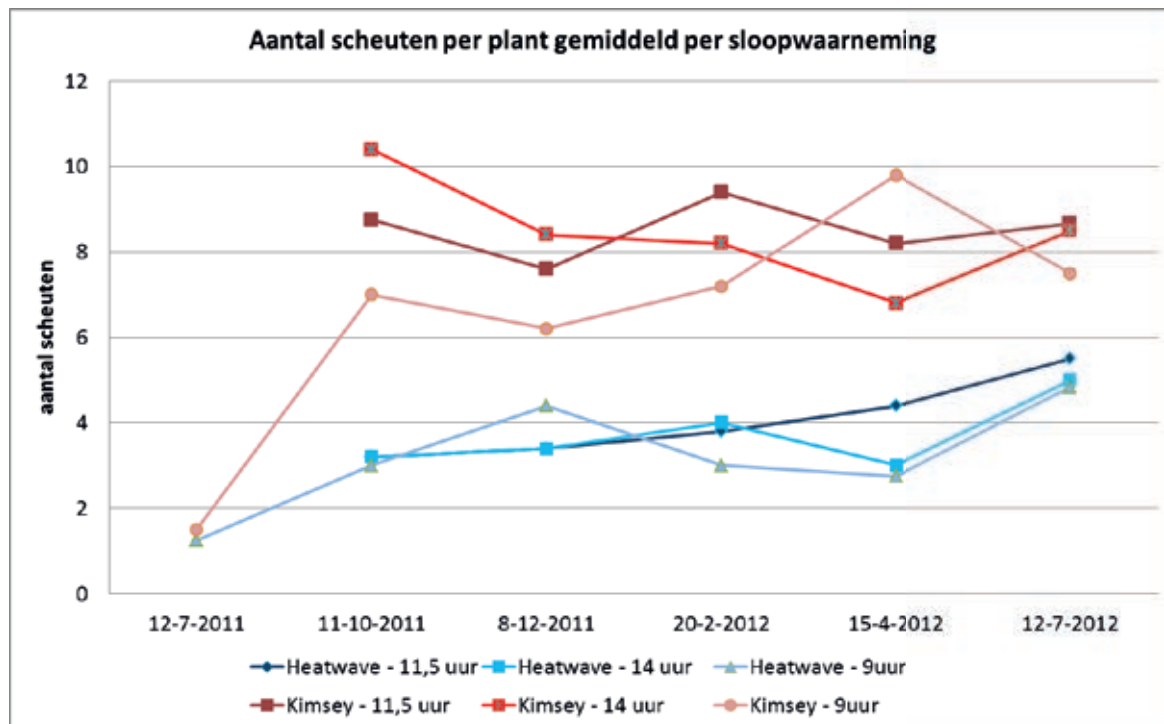
Als vuistregel wordt geadviseerd om dit af te ronden en voor Heatwave 0,95 te gebruiken en voor Kimsey 0,85. Met deze getallen is voor het valideren van het model gerekend.

3.4 Scheutontwikkeling

De plantontwikkeling is gevolgd met destructieve metingen (sloopwaarnemingen). De scheutontwikkeling en de bovengrondse ontwikkeling is bepaald (bloemen en bladoppervlak, massa van blad en bloemen etc.) De groei van het wortelvolume was helaas niet waar te nemen omdat de wortels niet voldoende goed te scheiden waren van het kokossubstraat.

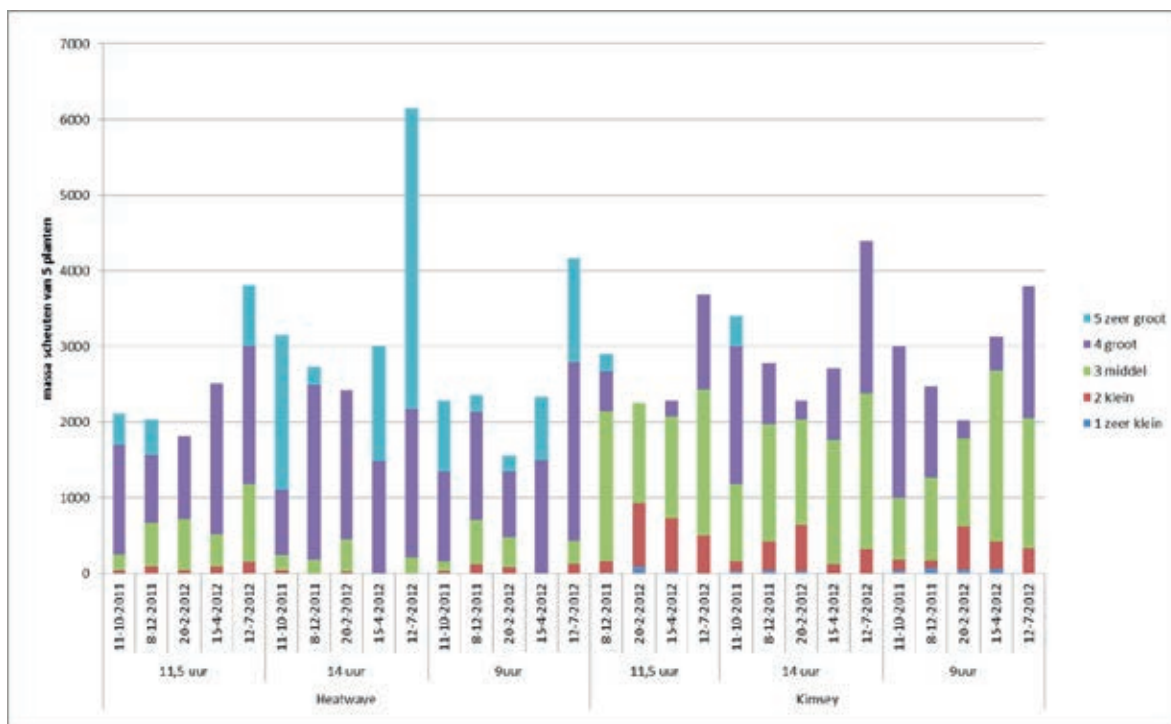
3.4.1 Scheuten

Kimsey bezit ruim het dubbele aantal scheuten van Heatwave (Figuur 16). Overeenkomst in de respons van beide rassen op daglengte is waarneembaar voor de kortste daglengte dat beide rassen het minst aantal scheuten laten zien, althans in 4 van de 5 meetmomenten. Echter met evenveel recht zou je kunnen zeggen dat het aantal scheuten per plant vanaf december stabiliseert op 8 scheuten per plant en de waargenomen variatie berust op verschillen tussen de planten door natuurlijke variatie binnen het gewas. Er is ook geen hoger scheutaantal bij Heatwave bij 14 uur daglengte. Bij Heatwave lijkt het erop dat het aantal scheuten stabiliseert op 4 scheuten per plant.



Figuur 16. Aantal scheuten gemiddeld per plant bij de 5 sloopwaarnemingen en de start.

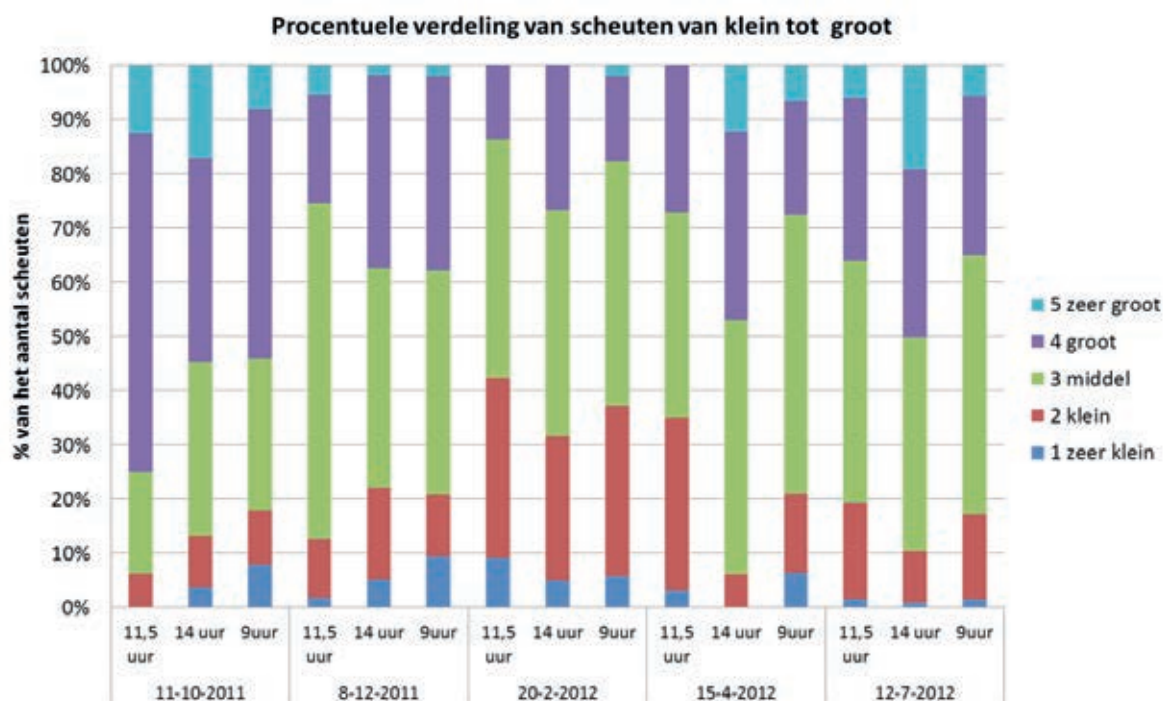
Heatwave heeft grotere scheuten dan Kimsey (Figuur 17). Daarbij is er bij 14 uur daglengte bij alle sloopmetingen bij Heatwave meer scheutmassa dan in de andere 2 daglengten. Dit is een 'vegetatief' kenmerk. De oorzaak kan op zijn minst gedeeltelijk gezocht worden in het feit dat bij 14 uur de bladeren groter waren en de takken zwaarder daarmee ook het blad- en bloemgewicht en daarmee dus ook het scheutgewicht.



Figuur 17. Scheutmassa (totaal) verdeeld over scheutgrootteklasse (zeer klein <25 g, klein <50 gr, middel (100 gr, groot < 200 gr, zeer groot > 200gr).

De scheutmassa was onderhevig aan zowel seizoensinvloed als daglengte zoals is te zien in Figuur 18. In deze figuur is de verdeling van de scheuten over grootteklassen te zien.

In de wintermaanden komen steeds minder grote en zeer grote scheuten voor. Bij 14 uur, met name in de tweede helft van de proef, komen relatief veel grote scheuten voor. Zoals in Figuur 17 wel te zien is, is in februari ook de totale massa van de planten lager. Naast daglengte lijkt ook lichtsom van invloed op de plantgrootte. Bij weinig licht en korte dag ontstaat een kleinere plant met kleiner blad en bij lange dag en een hoge lichtsom ontstaat een grotere plant met groter blad.

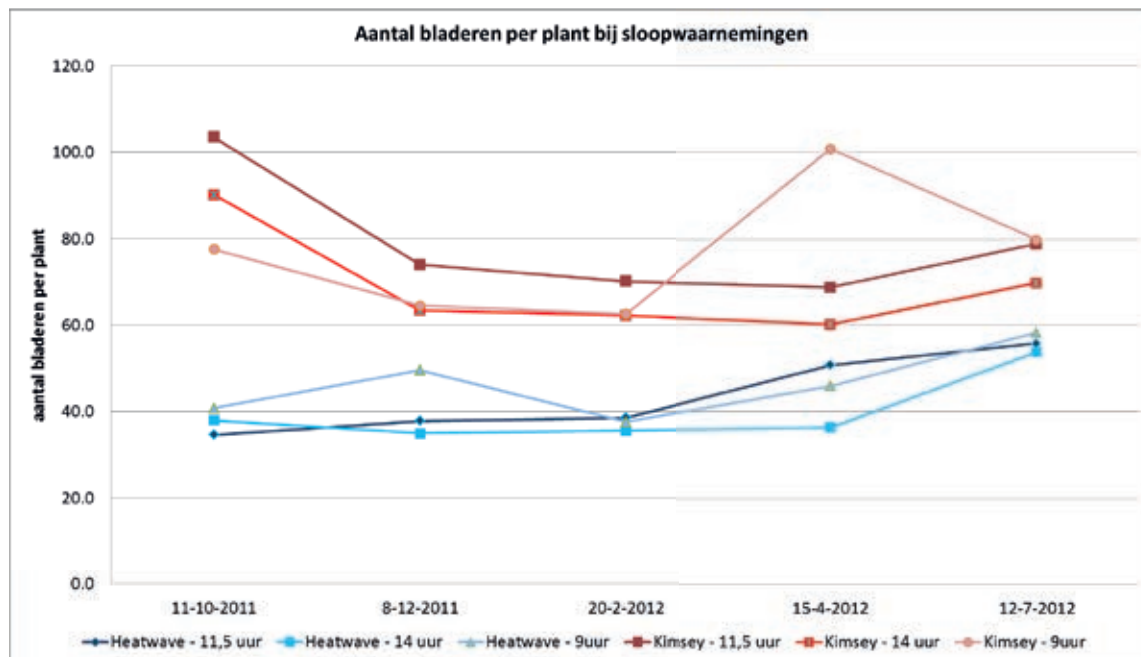


Figuur 18. De verdeling van het aantal scheuten over de grootteklassen per behandeling per sloopwaarneming (zeer klein <25 g, klein <50 gr, middel (100 gr, groot < 200 gr, zeer groot > 200gr).

3.5 Bladontwikkeling

3.5.1 Bladaantal

Het aantal bladeren volgt een ander patroon dan het aantal scheuten. Heatwave had bij 11,5 uur daglengte een gestaag toenemend aantal bladeren. Bij 14 uur daglengte zijn consequent het laagste aantal bladeren geteld bij de sloopwaarnemingen. Bij Kimsey zijn bij 11,5 uur steeds de meeste bladeren per plant geteld, behalve bij de sloop van 15 april 2012 waar de behandeling bij 9 uur daglengte een merkwaardige piek vertoont. Bij 14 uur is het bladaantal consequent het laagste, net als bij Heatwave, behalve bij de start.

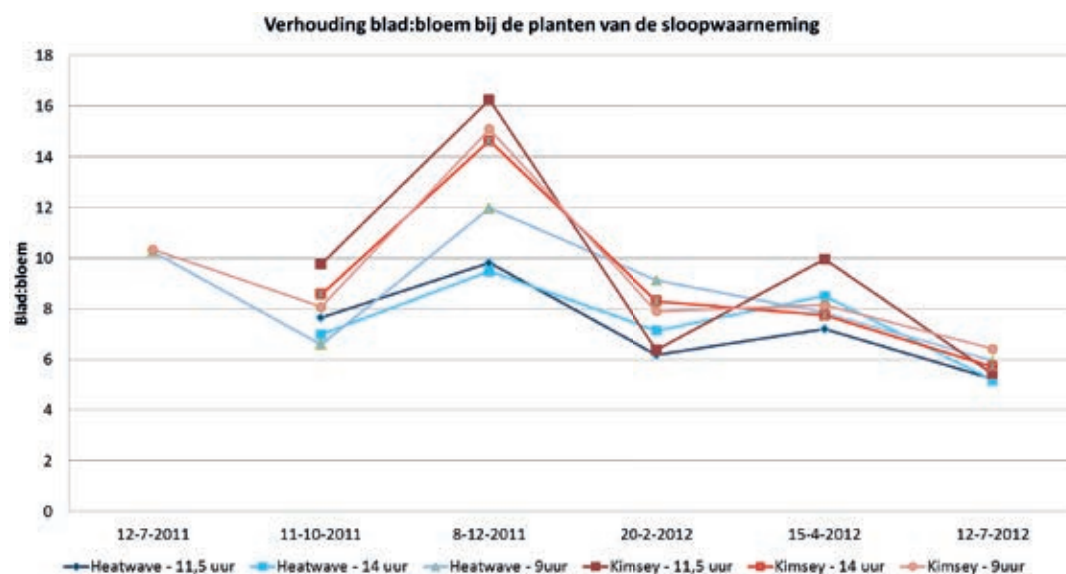


Figuur 19. Aantal bladeren per plant geteld bij de sloopwaarnemingen.

Gedurende de proef is bij de 4 meetplanten ook steeds het aantal nieuwe bladeren geteld. Bij het tellen van de bloemen is duidelijk geworden dat voor een goede registratie ook een overzicht van het totaal aantal bloemen nodig was. Bij het tellen van het aantal bladeren was dit niet te doen. Mede hierdoor zijn waarschijnlijk niet altijd alle nieuwe bladeren geteld wat als consequentie heeft dat de absolute aantallen waarschijnlijk niet kloppen en de nauwkeurigheid van de grafiek met bladafplitsing laag is (Figuur 21). Opvallend is een vertraging in het ontstaan van nieuwe bladeren eind 2011 en een versnelling vanaf week 49 tot week 3. Dit valt gelijktijdig met de overgang van afnemend licht naar toenemend licht. De bladafplitsing blijft een tijdje hoog en neemt vervolgens per week gestaag weer af vanaf week 17. De plant lijkt zich 'voor te bereiden' op toenemend licht? Er lijkt invloed van daglengte op het aantal bladeren per scheut. Als over de hele periode het gemiddeld aantal bladeren per scheut in de sloopwaarnemingen bekeken wordt (Figuur 20), dan valt op dat bij 9 uur daglengte duidelijk meer bladeren per scheut geteld zijn dan bij 14 uur daglengte voor zowel Kimsey als Heatwave. Ook had Heatwave bij de sloopwaarneming duidelijk meer bladeren per scheut dan Kimsey.

3.5.2 Verhouding blad:bloem

Figuur 22 laat de verhouding zien van blad:bloem in de planten bij de sloopwaarneming. Wat duidelijk opvalt is dat verschillen die er bij aanvang zijn tussen de behandelingen steeds kleiner worden en wegvallen bij de laatste sloopwaarneming.



Figuur 22. Verhouding blad:bloem in de planten van de sloopwaarneming.

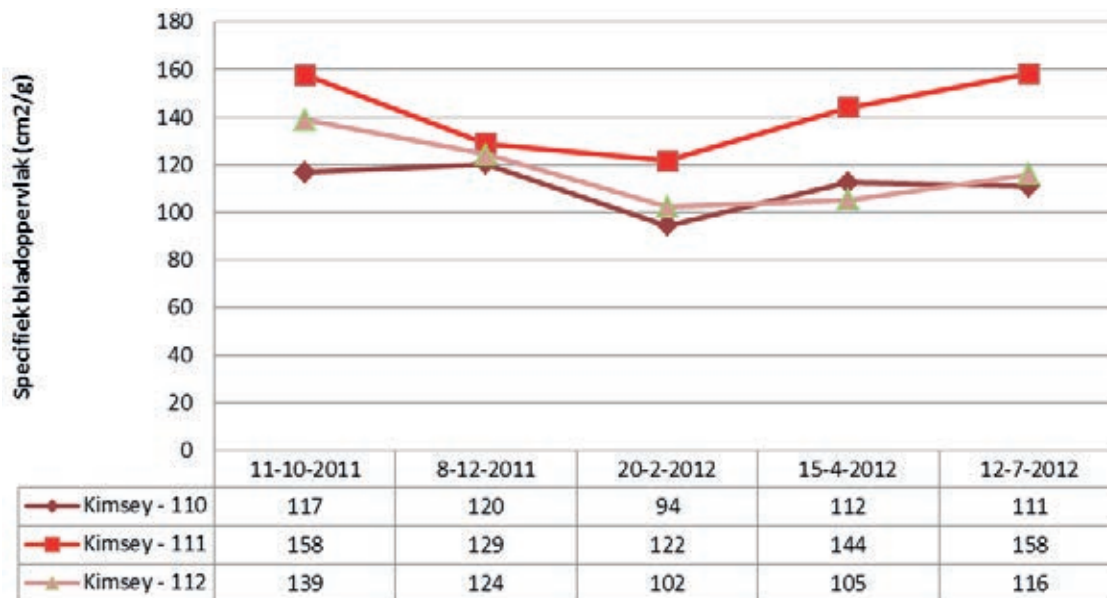
3.6 Bladkenmerken

3.6.1 Drogestofgehalten

De gehalten aan drogestof zijn voor blad bij Kimsey lager dan voor Heatwave (Figuur 11). Daarnaast is er een response op daglengte. Het % droge stof neemt toe naarmate de daglengte korter is. Dit lijkt op een 'generatieve' respons, die ook voor bloem wordt gevonden. Bij Heatwave zie je duidelijk een toenemend % droge stof bij afnemende daglengte. Bij Kimsey is er wel bij 9 uur een duidelijk hoger % droge stof maar er is geen verschil tussen 11,5 uur en 14 uur.

3.6.2 Specifiek bladoppervlak

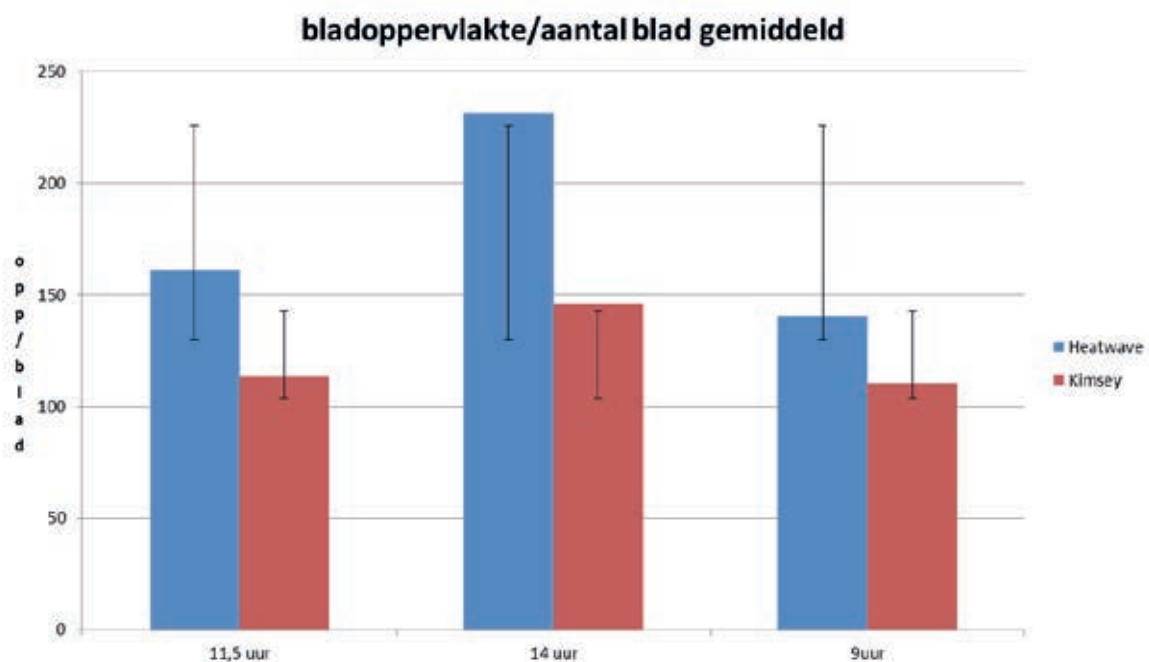
Figuur 23 geeft het oppervlak per gram blad weer. Het zogenaamde specifiek bladoppervlak (hoeveel oppervlak per gewichtseenheid) is bij Kimsey voor 14 uur daglengte consistent het grootst. Dit betekent dat de plant met minder droge stof meer blad maakt en kan opgevat worden als een 'vegetatief' kenmerk van de plant.



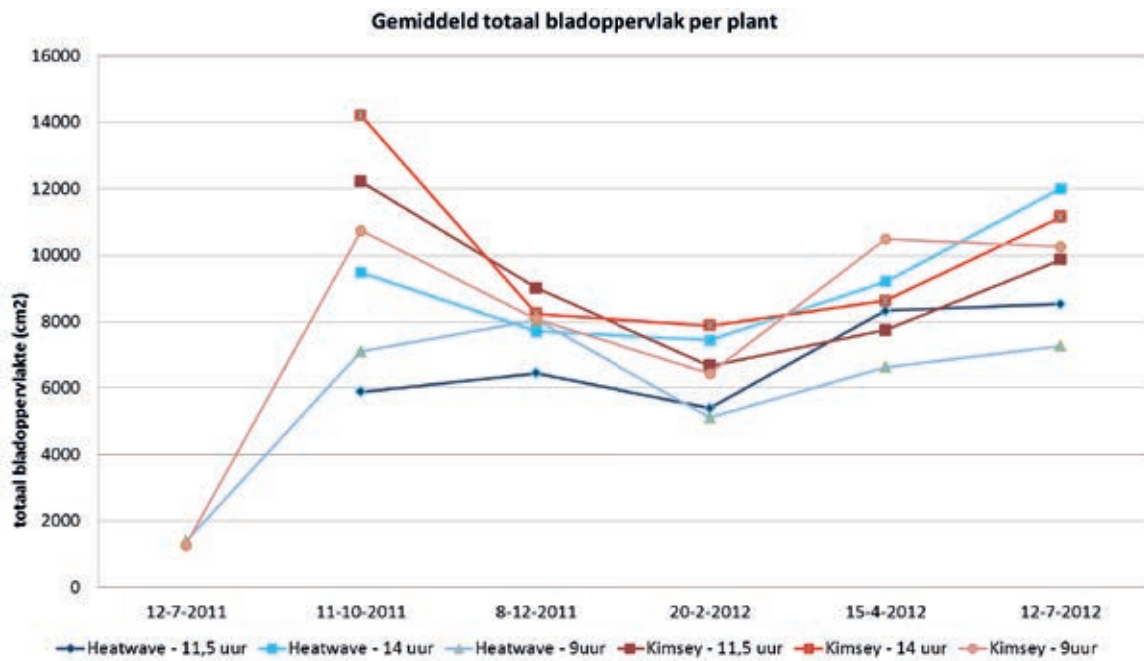
Figuur 23. specifiek bladoppervlak per behandeling (110 is 11,5 uur, 111 is 14 uur en 112 is 9 uur daglengte).

Figuur 24 laat vervolgens zien dat het oppervlakte per blad ook groter is naarmate de daglengte langer is. Ook dit verschil is consistent gezien bij alle vijf data van sloopwaarnemingen. Hierbij moet opgemerkt worden dat de verschillen tussen 9 uur en 11,5 uur daglengte relatief klein zijn en in vergelijking met 14 uur groot.

Bij Heatwave resulteert dit ook in een gemiddeld groter bladoppervlak per plant voor 14 uur (Figuur 25), maar bij Kimsey is dit verband niet of nauwelijks te zien. Ook is weer duidelijk te zien dat in februari bij de sloopwaarneming de bladoppervlakte per plant het kleinst was, terwijl er vlak voor die periode wel veel bladeren zijn afgesplitst. Deze waren ten tijde van de sloopwaarneming kennelijk nog niet uitgegroeid of zijn relatief klein van afmeting gebleven.



Figuur 24. Bladoppervlakte/gemiddeld aantal bladeren per plant.

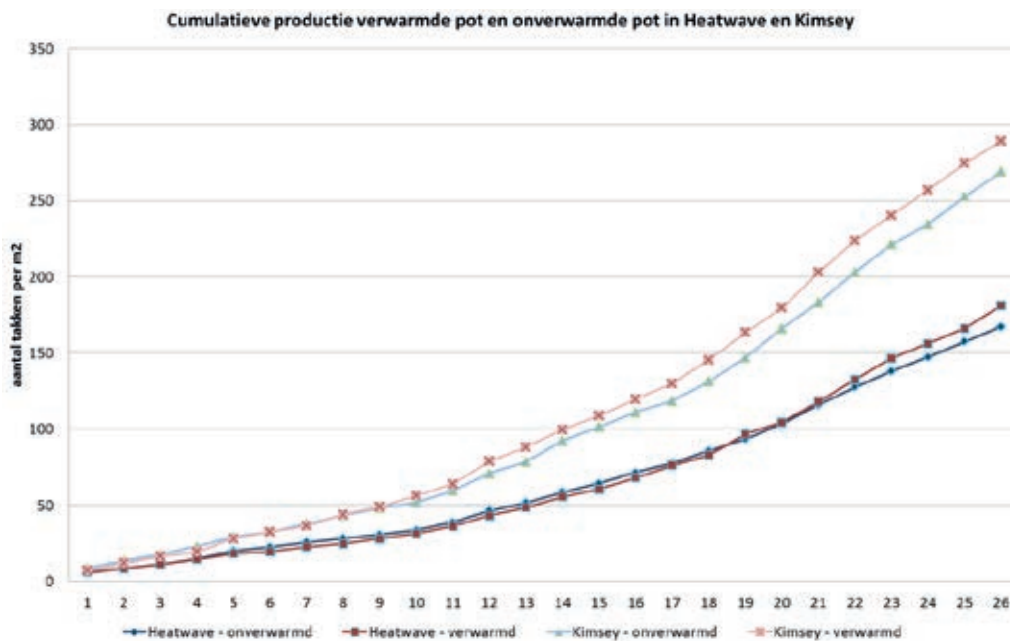


Figuur 25. Gemiddelde totaal bladoppervlakte per plant per behandeling bij vijf sloopwaarnemingen.

3.7 Pottemperatuur

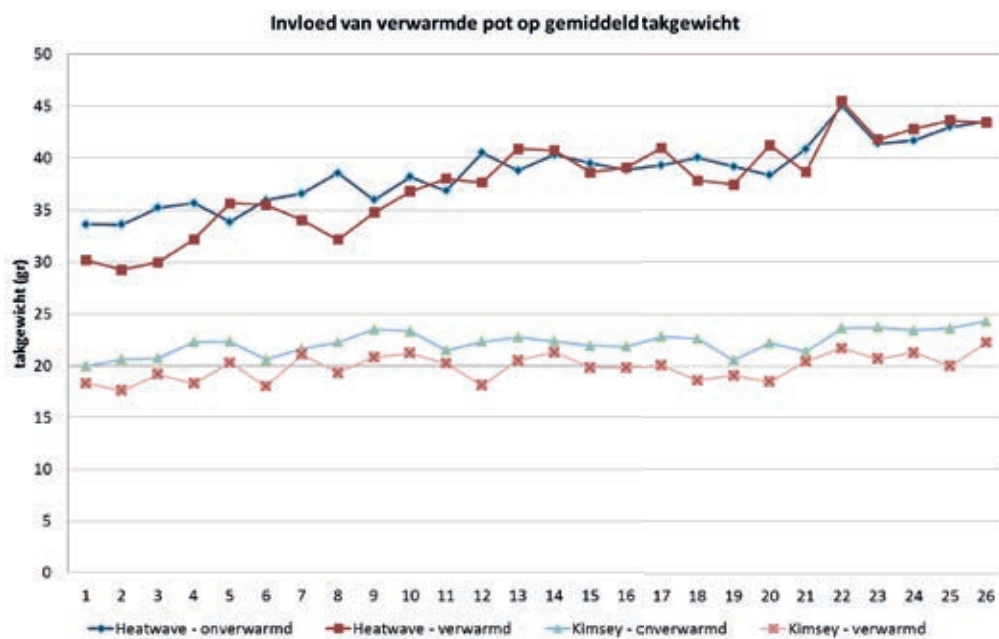
3.7.1 Productie en kwaliteit

De invloed van verhoging van de pottemperatuur met 2 °C boven de ruimtetemperatuur gedurende dag en nacht op de productie is weergegeven in Figuur 26. Deze figuur laat zien dat een verschil in productie in eerste instantie niet is ontstaan. Bij Kimsey produceerde de verwarmde planten echter vanaf week 10 steeds iets meer bloemen. Bij Heatwave ontstaat er pas in week 21 een klein verschil, maar dit is te klein om dit aan een effect van pottemperatuur toe te schrijven.



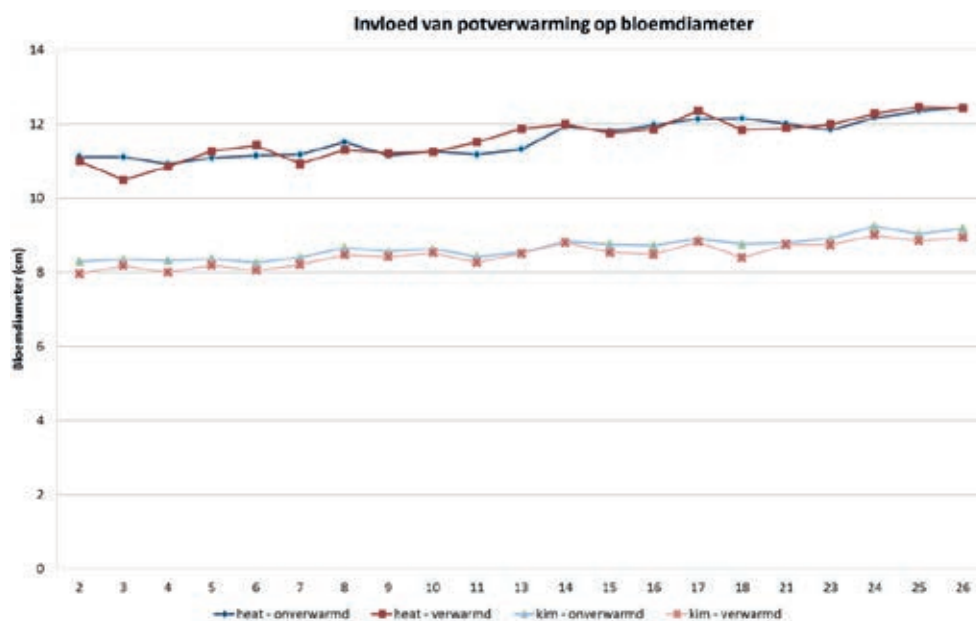
Figuur 26. Invloed van verhoging van de pottemperatuur met 2 °C boven de ruimtetemperatuur op de productie.

In Figuur 27 is het effect van daglengte op het gemiddeld takgewicht weergegeven. Ook hier is alleen bij Kimsey een duidelijk en consistent effect te zien van een verwarmde pot op het takgewicht, waarbij het takgewicht lager is bij een verwarmde pot.



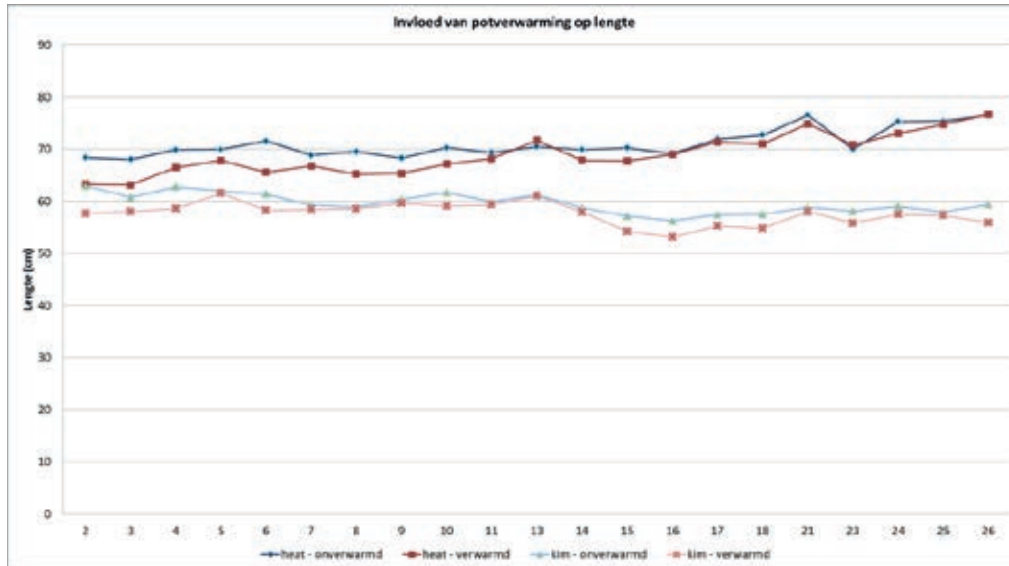
Figuur 27. Invloed van verhoging van de pott temperatuur met 2 °C boven de ruimtetemperatuur op het takgewicht.

In Figuur 28 is het effect van verhoogde pott temperatuur op bloem diameter weergegeven. Er is geen groot effect te zien, al is ook wel de diameter van de bloemen van Kimsey consistent kleiner bij een verwarmde pot.



Figuur 28. Invloed van verhoging van de pott temperatuur met 2 °C boven de ruimtetemperatuur op bloemdiameter.

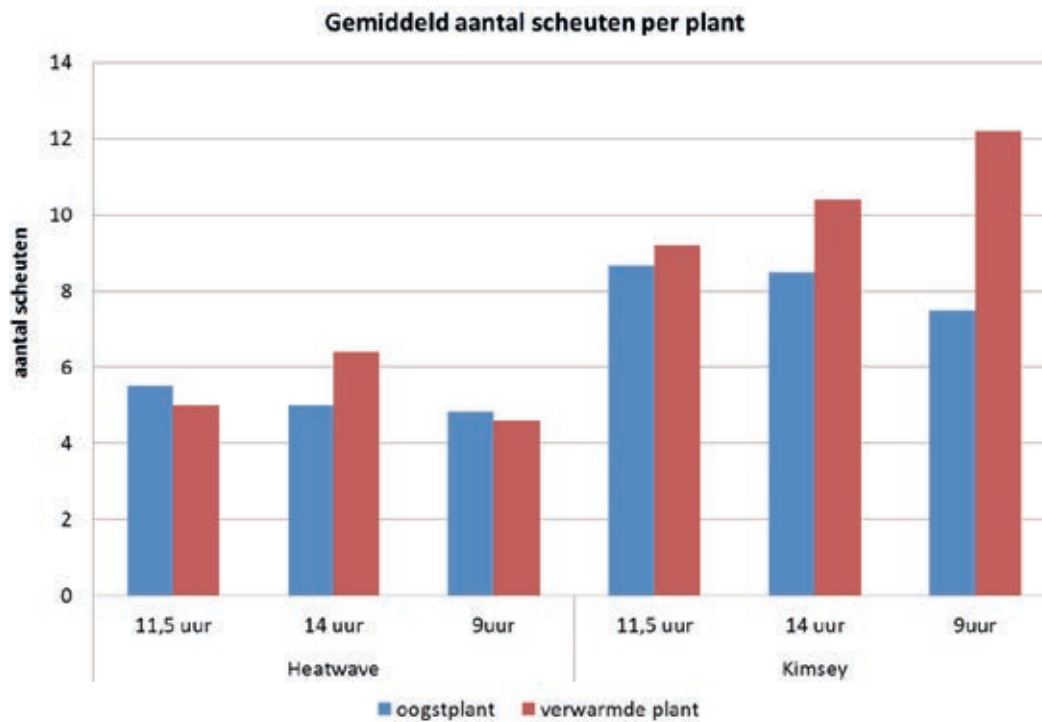
In Figuur 29 is de invloed van verhoogde potttemperatuur op de lengte te zien. Bij Heatwave waren de takken aanvankelijk korter, maar vanaf week 13 verdwijnt dit verschil. Bij Kimsey is de lengte consistent wat korter. Opvallend is dat ook hier rond week 13 een piek zit waarin de lengte ongeveer gelijk is, maar bij Kimsey neemt deze vervolgens weer af. Dezelfde piek rond week 13 is in minder mate ook bij taggewicht te zien. Opvallend is dat in de productie de onverwarmde teelt daar even een piek laat zien. Dit bevestigt nog eens een samenhang tussen kwaliteitskenmerken en productie.



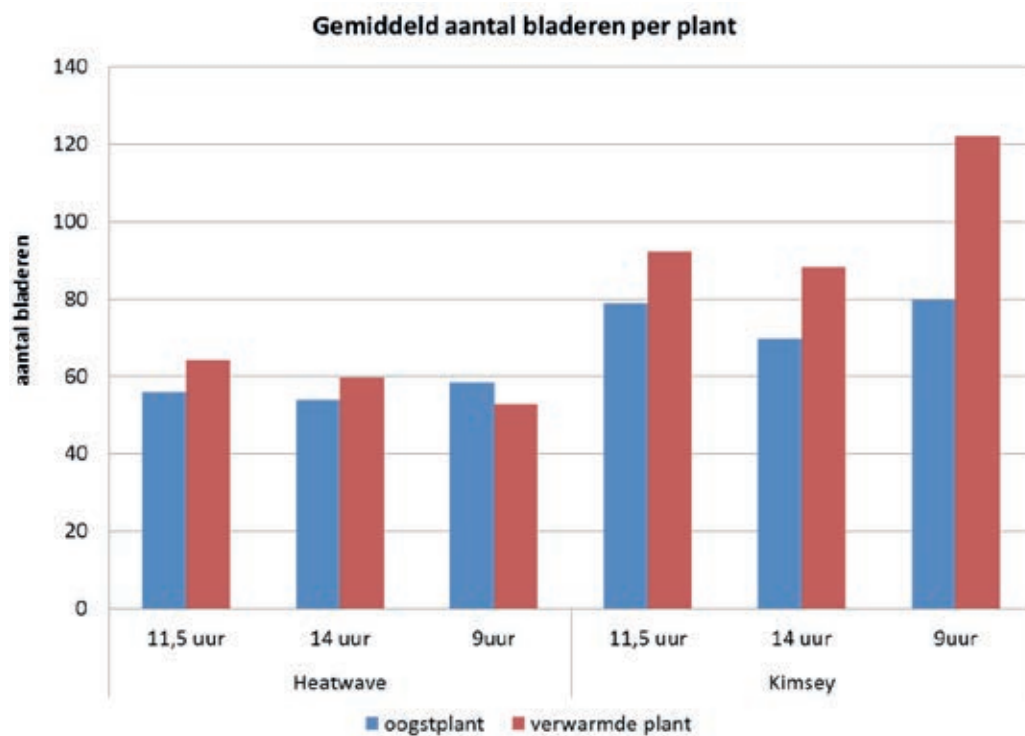
Figuur 29. Invloed van verhoging van de potttemperatuur met 2 °C boven de ruimtetemperatuur op de lengte.

3.7.2 Plantkenmerken uit de sloopwaarneming

Figuur 30 laat zien dat er bij Kimsey bij de verwarmde planten in alle kassen meer scheuten waren gevormd. Er was geen consistent verschil in scheutgrootte bij de verwarmde planten. Wel zijn bij verwarmde planten en 9 uur daglengte bij Kimsey meer kleine en middelgrote scheuten dan grote scheuten geteld. Naast meer scheuten zijn ook meer bladeren per plant geteld bij verwarmde planten van het ras Kimsey (Figuur 31). Dit resulteerde ook in een groter bladoppervlakte per plant voor de verwarmde planten. De bladeren zelf waren niet groter of kleiner en ook was er geen verschil in % droge stof. Er is ook geen duidelijke en consistente invloed op de uitgroeiduur en de uitgroEICurve waargenomen (data Bijlage 1).



Figuur 30. Gemiddeld aantal scheuten bij de verwarmde en onverwarmde planten bij verschillende daglengtes bepaald door sloopwaarneming.



Figuur 31. Gemiddeld aantal bladeren per plant bij de verwarmde en onverwarmde planten bij verschillende daglengtes bepaald door sloopwaarneming.

3.7.3 Uitgroeiduur

De duur van de uitgroeï van bloemen is gevolgd bij verwarmde en onverwarmde potten in de winter 2011/2012. In de Bijlage 1 zijn alle meetresultaten te vinden.

De verwarming had een lagere lengtegroei en een uiteindelijk ook kortere bloeïsteel tot gevolg bij Kimsey, bij Heatwave was de groei ongewijzigd maar ook daar was de steellengte kleiner na potverwarming (Tabel 2). De tendens is hetzelfde bij alle daglengten bij Kimsey. Bij Heatwave zijn er op die tendens twee uitzonderingen: de eindlengte is bij afd. 111 niet kleiner en de lengtegroei niet kleiner (afd. 12) na verwarming, en door deze variatie is Heatwave gemiddeld over de daglengte behandelingen niet tot nauwelijks verschillend tussen wel en geen potverwarming.

Tabel 2. Groei en eindwaarde van steellengte van Kimsey en Heatwave bij verwarmde en onverwarmde potten. UGD, uitgroeïduur in dagen.

Ras	Daglengte (uur)	Lengtegroei (cm/dag)		Eind lengte (cm)	
		Verwarmd	Onverwarmd	Verwarmd	Onverwarmd
Kimsey	11.5	1.87	2.10	57.8	63.0
	14	1.34	1.51	54.6	57.0
	9	1.34	1.79	55.4	59.0
	Gemiddeld	1.51	1.80	56.4	59.7
	Verwarmd/onverwarmd	0.84		0.95	
	Geschatte UGD	37 dagen		33 dagen	
Heatwave	11.5 uur	2.17	2.23	61.2	66.2
	14	2.28	2.36	70.8	69.0
	9	2.37	2.25	62.8	65.4
	Gemiddeld	2.28	2.29	64.9	66.9
	Verwarmd/onverwarmd	1.00		0.97	
	Geschatte UGD	29 dagen		29 dagen	

De berekende uitgroeïduur is bij potverwarming bij Kimsey langer dan zonder verwarming, aangezien de lengtegroei sterker is afgenomen (tot 84% van controle) dan de eindlengte (tot 95%), ergo een langere duur om eindlengte te bereiken. Door de grote spreiding in de data en het beperkte aantal herhalingen is dit getal slechts indicatief.

De gemeten uitgroeïduur is gemiddeld hoger dan bij metingen door registrerende telers aangezien we hier vanaf het stadium van zichtbare knop, met verwaarloosbare steellengte, zijn gaan meten:

Als we veronderstellen dat de lengtegroei in de eerste 10 dagen lineair is (zoals blijkt uit de waarnemingen, zie bijlage) is de lengtegroei gemiddeld 2.8 cm per dag. Dit betekent dat een teler die pas vanaf 5 cm de uitgroeï gaat meten, ongeveer 2 dagen mist. Bij een uitgroeïduur van 20 dagen is dit toch 10% van de werkelijke duur. Dit kan oplopen als we de duur vanaf inductie (ontwaken van de knop, nog niet zichtbaar) zouden rekenen want vermoedelijk verloopt de eerste groeïfase van de knop erg traag.

4 Discussie en conclusies teeltproef

4.1 Discussie

4.1.1 Invloed daglengte

Als eerste valt op dat er een sterk verschil is tussen de rassen Kimsey en Heatwave in hun reactie op daglengte. Kimsey reageert zeer duidelijk door lagere productie en kortere stengels en een iets lager plantgewicht. Heatwave reageert veel minder sterk op de verschillen in daglengte. Er is nauwelijks verschil in productie, maar wel zijn de takken wat langer en zwaarder. Het totaal geoogst gewicht aan bloemen is daardoor bij Heatwave uiteindelijk zelfs het hoogste bij 14 uur, terwijl dit bij Kimsey bij 14 uur duidelijk het laagste is.

Opvallend is dat bij 14 uur niet alleen minder bloemen maar zowel bij Kimsey als bij Heatwave ook minder bladeren zijn geteld bij sloopwaarnemingen. Het oppervlakte per blad was bij 14 uur daglengte duidelijk groter, waardoor het totaal bladoppervlakte weer gelijk was. De telling van nieuwe bladeren liet opvallend genoeg zien dat Kimsey bij 9 uur minder nieuwe bladeren afsplitst. Bij korte daglengte was het % droge stof hoger dan bij lange daglengte. Een verklaring voor het feit dat er wel meer bladeren geteld zijn bij de sloopwaarneming is dat deze bladeren door ene hoger % droge stof en een kleiner bladoppervlak (minder overschaduwning), langer zijn meegegaan.

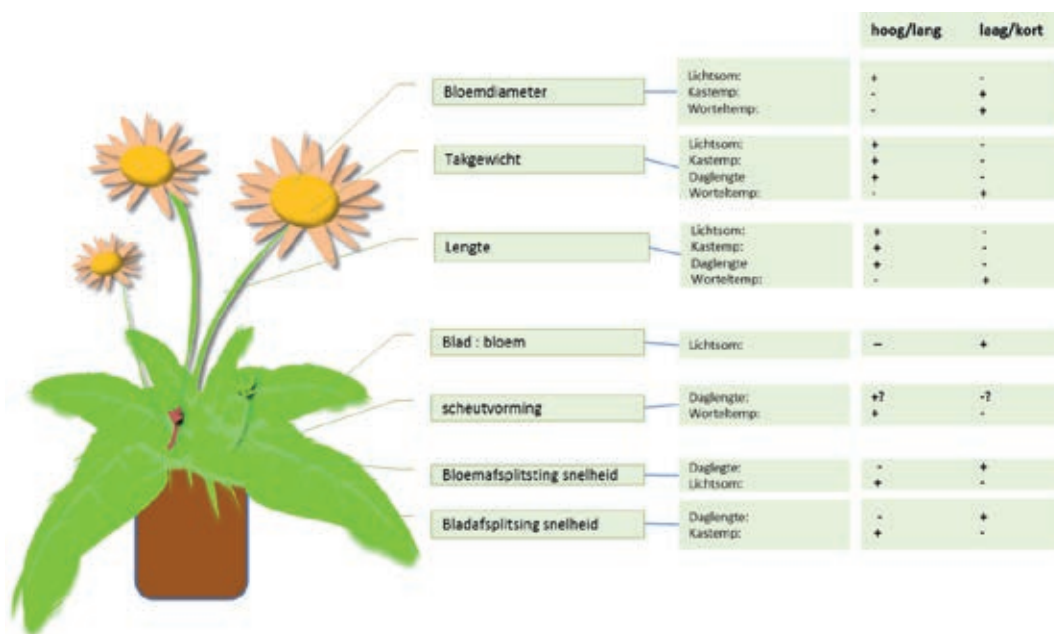
Het verschil in aantal bladeren en bloemen kan niet verklaard worden uit het aantal scheuten per plant, want hier zijn geen duidelijke verschillen in gevonden. Het lijkt er op dat het aantal scheuten na een opstartfase stabiliseert rond gemiddeld 4 scheuten bij Heatwave en 8 scheuten bij Kimsey. Als er wel invloed is van daglengte op de scheutontwikkeling dan zijn bij korte daglengte eerder minder dan meer scheuten geteld. Dit is in tegenspraak met het onderzoek van Leffring, waarbij verschillen in productie zijn verklaard door verschillen in aantal scheuten, dus bij korte dag meer scheuten en daardoor meer bloemen. Dit is in deze proef niet waargenomen.

Zowel rasverschillen in de reactie op daglengte als een verminderde productie als gevolg van daglengte is ook in eerder onderzoek naar belichting en verduistering in Gerbera al aangetoond. In deze proef zijn temperatuur en lichtsom nagenoeg gelijk geweest, waardoor de gevonden verschillen alleen aan daglengte toegeschreven kunnen worden. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat plaatseffect niet uitgesloten kan worden en er niet met statistiek uitspraak gedaan worden over betrouwbaarheid, omdat van iedere behandeling maar 1 kas/herhaling is uitgevoerd. Doordat de waargenomen effecten gedurende een jaar lang consistent zijn geweest vergroot de betrouwbaarheid van de resultaten. De resultaten zijn hieronder nog eens samengevat weergegeven in de Figuur die ook voor de literatuurstudie is gebruikt.

4.1.2 Invloed pottemperatuur

Bij de proef met potverwarming is opnieuw een sterkere reactie van Kimsey dan van Heatwave waargenomen. De verschillen tussen verwarmde en onverwarmde planten zijn niet groot maar wel consistent geweest. Er is een licht positief effect gezien op de productie, waarbij het takgewicht gemiddeld iets lager was door iets kleinere en kortere bloemen. Naast een toename in aantal bloemen is ook een hoger aantal scheuten en bladeren geteld bij de sloopwaarneming van de verwarmde planten in vergelijking met de oogstplanten. In eerder onderzoek naar potverwarming is vaak een groter temperatuurverschil aangehouden, maar de resultaten zijn in uitvergroete vorm vergelijkbaar met dit onderzoek. Of de invloed op steellengte bij de vroege of late strekking is veroorzaakt is in deze proef niet duidelijk aangetoond. De waarnemingen naar uitgroeiduur laten dit niet zien. Ook is er geen positief effect op de bloemdiameter gezien. Dit is waarschijnlijk te verklaren door de reeds relatief hoge teelttemperatuur, waardoor opname van voedingsstoffen niet/minder beperkt is door worteltemperatuur. Potverwarming heeft bij het nieuwe telen waar niet met standaard minimumbuis op het ondernet wordt gebruikt een bijdrage geleverd aan een hogere worteltemperatuur, die gelet op de groei van het gewas in het derde jaar gunstig is. De hogere pottemperatuur kan ook bijdragen aan een snellere afsplitsing van zijscheuten en zo de productie bevorderen (de Gelder *et al.* 2012). Dit is in overeenstemming met de resultaten die we in deze proef hebben gezien.

4.1.3 Schematisch overzicht



Figuur 32. Schematisch overzicht van de resultaten van de teeltproef voor het groeimodel.

De invloed van lichtsom en kastemperatuur is in Figuur 32 afgeleid van seizoensmatige effecten die zijn waargenomen. Er is door de opzet van de proef geen onderscheid te maken of nu lichtsom of kastemperatuur hierbij een rol heeft gespeeld of in welke mate. Het is dus mogelijk dat een van beide geen invloed heeft waar dit wel staat aangegeven. Uitgaande van Figuur 1 uit de literatuurstudie leidt een hoge kastemperatuur juist tot kleinere bloemen. Dit is aangehouden in de figuur. In de zomer nam in deze proef de diameter in de zomer toe. Het effect van toename van bloemdiameter door lichtsom is dan dus sterker geweest dan de afname door hoge temperatuur. De proef is uitgevoerd in Aircro kasjes, waardoor de maximum temperatuur lager is gebleven dan in een normale kas. Ook de RV is als gevolg van bevochtiging niet vaak te laag geweest. Tevens is het CO₂ gehalte altijd op niveau geweest omdat er niet gelucht hoefde te worden. Hierdoor is het mogelijk dat de benutting van het licht beter is geweest dan in een normale kas. De totale lichthoeveelheid is echter weer laag geweest waardoor de totale jaarproductie in vergelijking met de praktijk niet hoog is te noemen.

4.2 Conclusies

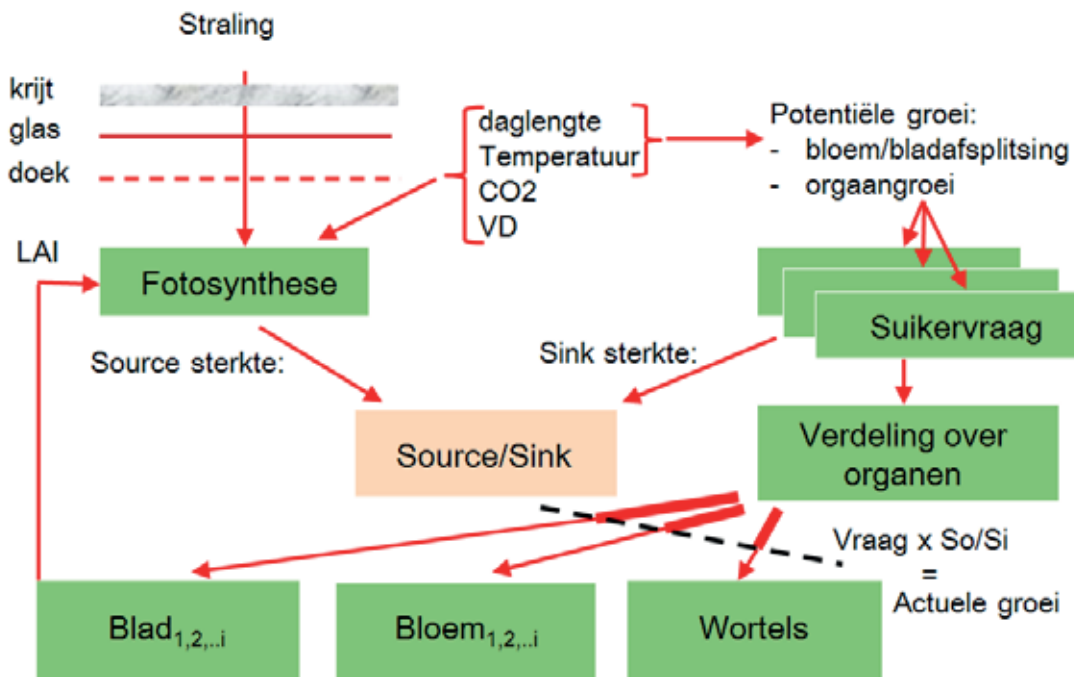
Daglengte heeft invloed op de ontwikkeling van het gewas. Afhankelijk van het ras kan dit in productie en/of steellengte, takgewicht en de grootte van de bladeren en scheuten te zien zijn. In deze proef is alleen bij Kimsey ook een sterke invloed op de productie gezien. Er is in tegenstelling tot wat het literatuuronderzoek uitwees geen invloed gezien op het aantal scheuten. Het aantal scheuten wisselt vooral zeer sterk per plant en minder als gevolg van de behandeling. Verhogen van de pottemperatuur met 2 °C gaf ook alleen bij Kimsey een kleine verhoging van de productie, het aantal scheuten en het aantal bladeren. Dit ging wel ten koste van het takgewicht en lengte en in beperkte mate ook de bloemdiameter.

5 Werking van het Groeimodel gerbera

5.1 Algemeen

In Figuur 33 zijn de meest belangrijke stromen van assimilatenvraag en -aanbod van het model weergegeven. De belangrijkste input is zonlicht, en deze wordt via transmissie door het kasdek, met een opgegeven percentage krijt, en met schermstand inclusief schermdoorlatendheid, omgerekend in PAR boven het gewas. De fotosynthese, onderhouds- en groeiademhaling (niet vermeld), potentiële groei, drogestofverdeling en daadwerkelijke groei worden allen gesimuleerd. De simulatie van bladdikte en bloemkenmerken staan maar gedeeltelijk in verband met de genoemde drogestof-modellering, en komen later in dit hoofdstuk aan bod.

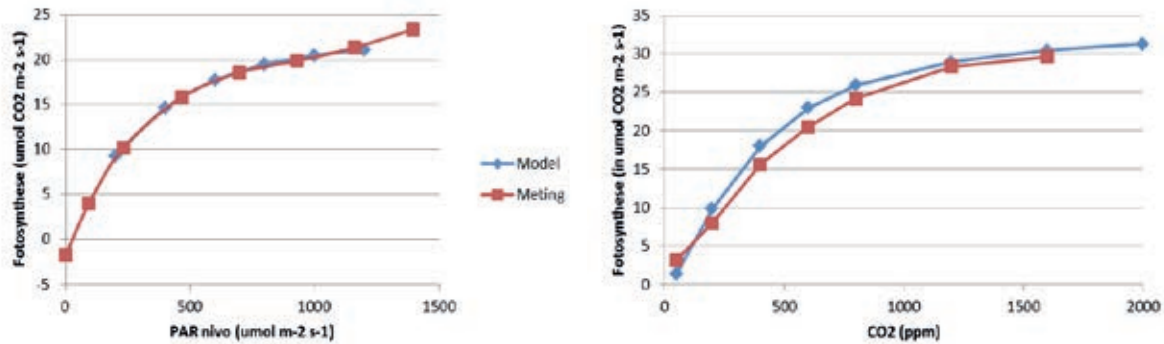
Elk orgaan groeit uit volgens een S-vormige, logistische kromme, als een functie van de temperatuursom, zie de secties bladgroei en bloemgroei. Deze uitgroei vertraagt bij lagere source/sink, en dit geldt ook voor de snelheid van afsplitsing van nieuwe bladeren en bloemen. Als belangrijkste output zien we uiteindelijk de bloemproductie in grafiekvorm verschijnen. Hieronder volgt eerst de beschrijving van de werking van deelmodulen, vervolgens een ijking m.b.v. de daglengte-proef en 2 proeven bij het IC, en afsluitend enkele resultaten van in het onderzoek betrokken praktijkbedrijven.



Figuur 33. Stroomdiagram van het groeimodel.

5.1.1 Fotosynthese

De fotosynthese, waarbij PAR licht wordt omgezet in koolhydraten, wordt berekend met de veel gebruikte en goed geteste relatie van Farquhar *et al.* (1988). Deze relatie berekent de fotosynthese middels geabsorbeerde PAR, CO₂, luchtvochtigheid en temperatuur. Voor de rassen Kimsey en Heatwave waren de fotosynthese karakteristieken identiek, en zijn samengevat in Figuur 34.



Figuur 34. Fotosynthese bij Kimsey en Heatwave, links als functie van geabsorbeerde PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), rechts als functie van CO_2 -concentratie in de kaslucht. Data voor 21 graden luchttemperatuur.

Verder rekt het model met ademhaling voor bouw van de organen (groeiademhaling) en onderhoud (respiratie). Er is een koolhydraatbuffer in het model die de voorraad aan suikers en zetmeel beschrijft.

De lichtbenuttingsefficiëntie, verder genoemd LUE (light use efficiency) in de eenheid gram bloem versgewicht per mol PAR intensiteit, kan nu ook berekend worden. De LUE varieert in het model globaal tussen 3 in de zomer en 7 in de winter, hetgeen klopt met de ervaringen in de praktijk.

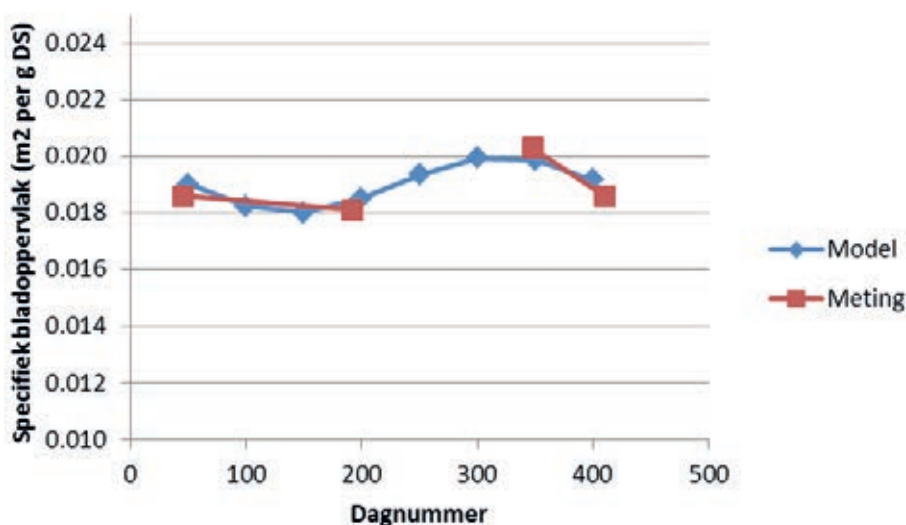
5.1.2 Bladgroei

De temperatuur gedreven potentiële bladgroei (=sink) wordt alleen gerealiseerd als er genoeg assimilaten, water en nutriënten zijn. In de kas is temperatuur (=koude) meestal geen beperkende factor (wel een remmende, bij supra-optimale oftewel bove-optimale waarden), maar dus wel sturend. In de praktijk wordt bladgroei vooral gelimiteerd door het assimilatenaanbod uit fotosynthese en koolhydraatbuffer, in competitie met de sinks van bloem en wortel. De groeirelatie is dus:

Potentiële groei=functie van temperatuur

Actuele groei=pot.groei x source/sink

Het blad is in de 2^{de} helft van het jaar dunner, en kent dus een hoger specifiek bladoppervlak (zie Figuur 35). In het model is een sinusoidale door de meetdata gefit om deze dynamiek te beschrijven.



Figuur 35. Specifiek bladoppervlak (SLA in $\text{m}^2 \text{ per g}$ drogestof) bij Kimsey.

Het blad sterft af met een snelheid die afhangt van de fysiologische leeftijd van het specifieke blad (het aantal daggraden) en de LAI, middels een exponentiele functie verwant met de lichtuitdoving die ook als functie van LAI wordt berekend. Meestal valt het blad af na ongeveer 180 dagen, hetgeen ook door Richter gevonden is.

5.1.3 Bloemgroei

De bloemontwikkeling is in het model een temperatuur gedreven toename, en deze groei wordt gerealiseerd als er voldoende assimilaten zijn. Onder optimale omstandigheden kan de bloem na ca. 20 dagen rijp zijn, hetgeen volledig door zijn genetisch bepaalde "temperatuursom tot rijping" wordt bepaald. Er bestaat echter een vertraging in de bloemontwikkeling als er een assimilatenkort is, waardoor de bloem langer (een beperkte tijd van maximaal ca. 60 dagen) de gelegenheid krijgt om uit te groeien.

De scheutlengte en bloemdiameter worden in het model berekend als functie van het bloemgewicht, zoals bepaald in de daglengteproef. In deze proef is in de wintermaanden een duidelijke dip waarneembaar in bloemdiameter, vermoedelijk door de lage lichtsom, terwijl in de zomer de eerder waargenomen negatieve effecten van een hogere temperatuur niet opwegen tegen de positieve effecten van hoge lichtsom, i.e. hoger suikeraanbod t.o.v. de door temperatuur aangedreven 'sink' voor suikers t.b.v. bloemontwikkeling. Om die reden is de diameter berekend vanuit het bloemgewicht, want beiden zijn een resultante van de source/sink-verhouding. Echter, in de daglengteproef zakte het bloemgewicht in de winter aanzienlijk (van 30 naar 20 gram, Kimsey, i.e. -1/3) wat in de praktijk niet voorkomt, en ook de diameterdaling (van ca. 9 naar 8 cm, i.e. -10%) niet (meestal vindt een stijging plaats door lage temperatuur). Dus wordt in het model een basisdiameter, een minimum dat gerelateerd zal zijn aan grootte van de bloembodem, vastgelegd, en daar boven op een waarde in afhankelijkheid van source/sink. Beste fit: een basisdiameter, plus een aandeel dat proportioneel is aan het berekende bloemgewicht. Per ras zijn de waarden voor basisdiameter en bloemgewicht proportie anders.

De steellengte heeft geen duidelijke relatie met bloemgewicht, hoewel beiden in winter hoger zijn. De lengte wordt nu geheel uit de PARsom berekend als volgt:

$$\text{lengthHarvFlowers} = \text{Param.bloem.fact1} * 20 / (\min(20, 2 + \text{PARsom} / 14)) + \text{Param.bloem.fact2}$$

5.1.4 Opschaling van orgaan naar gewas

In het model worden per scheut de organen blad en bloem afgesplitst, zijnde de voortzetting van bestaande phytomeren (blad+internood+knop), zie tekstbox 'Bouwplan'. Van het phytomeer kent alleen blad in het model een biomassa, de knop en internood zijn 'virtueel'. De plant vormt zijnscheuten in de ogen van generatieve knoppen van bestaande scheuten. Het model kent een rasafhankelijk maximum aantal scheuten in een langjarige teelt. De initiële conditie in model: 1 scheut met 4 internodiën en een zijnscheut met 2 internodiën per plant, bij 6.25 planten per m² dus afgerond 12 scheuten.

Het gemodelleerde gewas beslaat 1 m² kasoppervlak, met een door de teler opgegeven plantdichtheid. De scheuten van alle planten in die m² worden allen afzonderlijk gesimuleerd.

De orgaan afsplitsingssnelheid is proportioneel aan de temperatuursom van die dag, en die snelheid wordt bij source/sink ratios onder de 1 afgeremd. In het model wordt per dag gerekend met de 'devstep' ('development step'), dit is de fractie van de ontwikkeltijd (in graaddagen) die voor die dag is berekend. Verdere modeldetails worden in Bijlage 4 beschreven.

Probleem met vreemde 'golven' in de tijdreeks van de bloemproductie:

In het oorspronkelijke model, met afsplitsing op *plantniveau*, bestond het probleem dat nieuwe scheuten in golven of 'tranches' verschenen terwijl in realiteit voortdurend nieuwe scheuten ontstaan; dit kwam doordat in het model de leeftijdsverschillen tussen de ogen op de verschillende scheuten klein waren t.o.v. duur voordat een volgende scheut de vorige opvolgde, e.g. tussen 2 ogen is een verschil van 10-15 dagen en tussen scheutleeftijden 2-3 dagen. Bovendien deden de 5 of 6 planten per m² precies hetzelfde, en dit maakte de golven dan 6 keer zo groot. Er is daarom gekozen de afsplitsing op *gewasniveau* (dus per m²) te simuleren. Op dat niveau ontstaan in het model continu afsplitsingen, dus zonder sterke golven maar meer vloeiend, want op m² niveau is de afsplitsingssnelheid zodanig hoog dat er binnen een week altijd afsplitsingen zijn.

5.2 Klimaatberekening

Om meerdere redenen is het nodig het kasklimaat te simuleren, in aanvulling op de meetbox data die in ieder geval binnen komen:

- Enkele sensoren kunnen ontbreken (zoals PAR in de kas)
- De toekomstberekening zal op basis van voorspelling moeten plaatsvinden
- Er zijn ontbrekende waarden (missing values) waarvoor interpolatie tussen meetwaarden niet volstaat
- Het model moet altijd los van een meetset kunnen draaien, met een instelbaar 'modelklimaat'

Hieronder wordt toegelicht hoe we de volgende klimaatfactoren hebben berekend. In het hoofdstuk validatie wordt geëvalueerd hoe succesvol de modelberekeningen zijn.

PAR boven het gewas:

Als er geen PAR-sensor aanwezig is wordt PAR boven het gewas berekend uit de buitenstraling. Bij voorkeur wordt eenmalig met een gehuurde PAR-meter buitenstraling en binnen PAR gemeten voor enkele situaties (bij direct zonlicht en bij bewolking, met schaduwdoek open en dicht, in ochtend en rond middaguur) de transmissie gemeten. Indien dit niet mogelijk is kan een kastransmissie worden aangenomen die voor enkele praktijkkassen is berekend m.b.v. binnen- en buiten-stralingsmeting. Daarnaast is er de lichtdoorlatendheid van kruit, schaduwdoek, en de schermstand, allen opgegeven door de teler, nodig om via de buitenstraling de PAR binnen uit te rekenen.

Kastemperatuur:

De teler geeft in de model-interface een basistemperatuur op (= de laagst voorkomende temperatuur). Daarnaast wordt opgegeven hoeveel de kaslucht opwarmt per Joule buitenstraling. Het model kan hiermee de temperatuurstijging die dagelijks door zonlicht plaatsvindt goed modelleren. De basistemperatuur is uiteraard anders in zomer dan in winter. Dat is geen probleem: het advies is een toekomstscenario niet tot in de verre toekomst te berekenen, maar te beperken tot 6-8 weken.

Luchtvochtigheid:

De luchtvochtigheid in de kas is berekend via de ingeschatte RV buiten de kas, met toevoeging van 5% RV aangezien binnen de gewasverdamping meetelt. De buiten RV is berekend uit een relatie tussen buitenstraling en buitenRV bepaald voor een 2 jarige meetreeks van het Improvement Centre.

CO₂:

De voorspelling van de CO₂-gehalten is gebaseerd op het model voor roos van DLV-plant. Dit model gebruikt als input het verwachte buitenklimaat (straling, temperatuur en vpd), en de doseercapaciteit van de kas. Hiermee kan het binnenklimaat worden voorspeld, van zowel temperatuur, vocht als CO₂. Het modelprincipe is gebaseerd op de enthalpie van de kas, die altijd hoger is dan buiten door verwarming door zon en/of stookacties. Het overschot aan warmte en zal verdwijnen door de kaswand en vooral via de ramen. Daarnaast moet vocht worden afgevoerd; het plantmodel berekent eerst de transpiratie via de Makkink-formule (Makkink, 1957). Bij de luchtafvoer zal dus ook CO₂ worden afgevoerd, zodat de CO₂ in de kas is te berekenen. Er moeten setpoints, bv. voor de streef temperatuur en kastransmissie, worden opgegeven, en die worden in het gerberamodel uit de sliders afgeleid. We gaan er voorts van uit dat er geen dakberekening wordt toegepast. In de model interface kan men zowel de doseercapaciteit als de maximale CO₂-concentratie invoeren.

5.3 IJking op daglengteproef

Nadat fotosynthese en SLA correct in model waren ingevoerd, is allereerst de bladontwikkeling en de resulterende LAI getest.

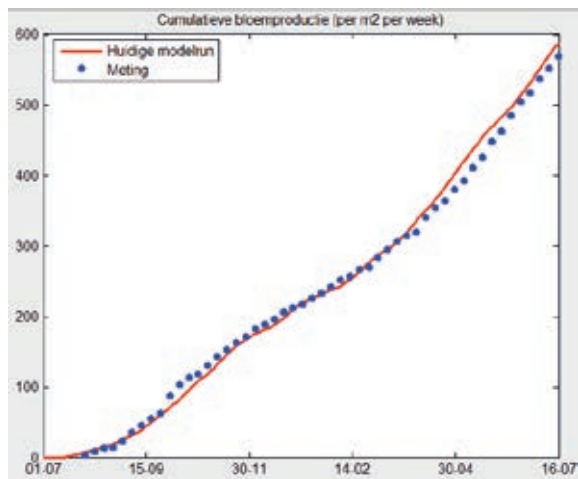
Nadat de LAI simulatie correct was bevonden is de lichtabsorptie en de resulterende assimilatie op gewasniveau getest. Op grond van enkele aannamen t.a.v. drogestofgehalte (10% van het versgewicht) en de onderhoudsademhaling (2% van de staande biomassa wordt dagelijks verademd) is de opbrengst in gram versgewicht per m² kasoppervlak gesimuleerd. Hierbij is de verdeling tussen opbrengst aan blad en bloem kritisch. Helaas is meting van de bladval lastig aangezien tussen de monsteringen gevallen blad soms door het kaspersoneel verwijderd is. Toch is het meeste gevallen oude blad bemonsterd en gewogen.

In het eerste half jaar is weinig blad afgestorven en is het groeimodel goed te calibreren door een juiste simulatie van LAI EN bloemopbrengst.

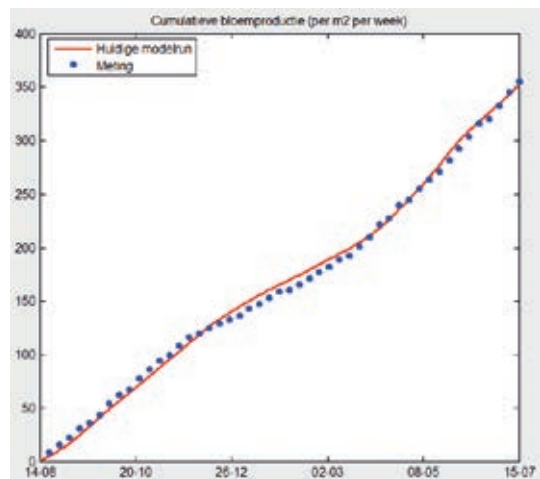
Tabel 3. Vergelijking modeloutput met metingen in daglengte proef.

Ras/afdeling	Bloemgewichtsproductie per plant: Gewicht (g vers pl ² jr ⁻¹)		Bloemproductie per m ² : Aantal (# m ² jr ⁻¹)	
	Meting	Model	Meting	Model
Kimsey - 11.5uur	227.5	236.9	560	572
Kimsey - 14 uur	184.7	184.6	491	481
Kimsey - 9 uur	226.8	256.1	584	615
Heatwave - 11.5 uur	255.6	227.8	355.6	355.0
Heatwave - 14 uur	254.7	227.8	350.6	329.0
Heatwave - 9 uur	211.2	208.4	315.6	311.1

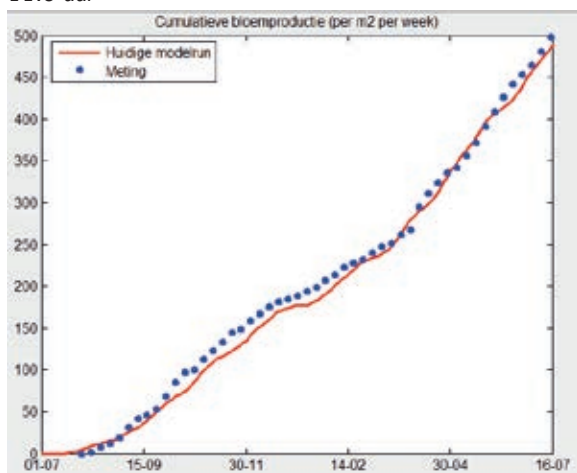
Doel was om het modelresultaat voor de behandeling met 11.5 uur zo goed mogelijk te fitten, terwijl de andere behandelingen een afwijking van ca. 5% mochten hebben. Dit is op een enkele uitzondering na gelukt. Voor Heatwave was daarbij de fit wat lastig, en is de gewichtsproductie bij 11.5 en 14 uur onderschat. Evenwel is nu het daglengte effect werkzaam, waarbij voor Kimsey een significant positief effect optreedt op bloemaantallen bij daglengten korter dan 11.5 uur, en niet op gewicht. Bij Heatwave is het andersom: kortere dag geeft minder bloemaantallen, en langere dag geeft gelijke gewichtsproductie maar niet minder zoals bij Kimsey.



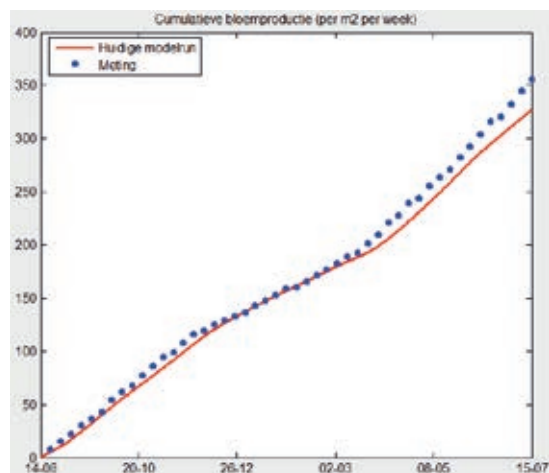
11.5 uur



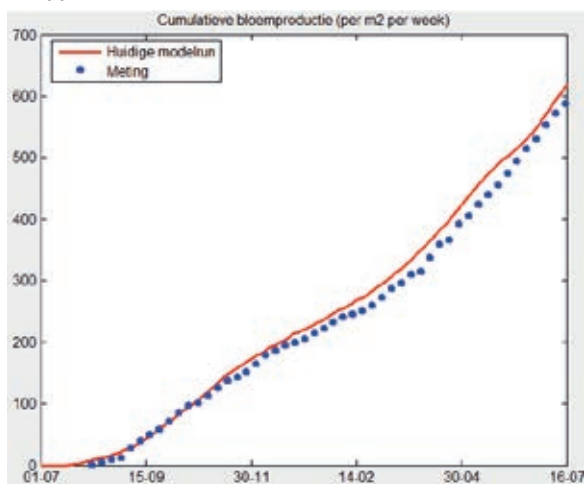
11.5 uur



14 uur

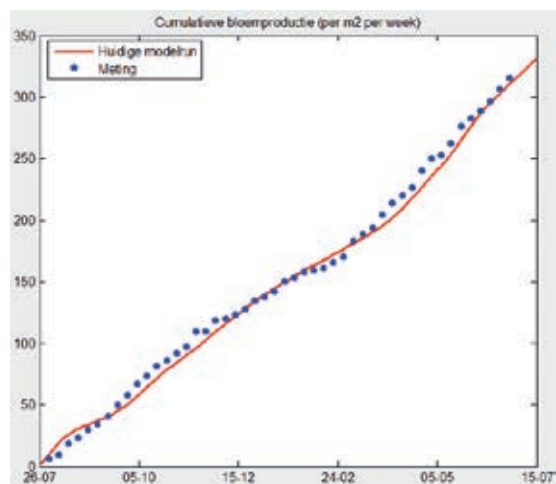


14 uur



9 uur

Kimsey

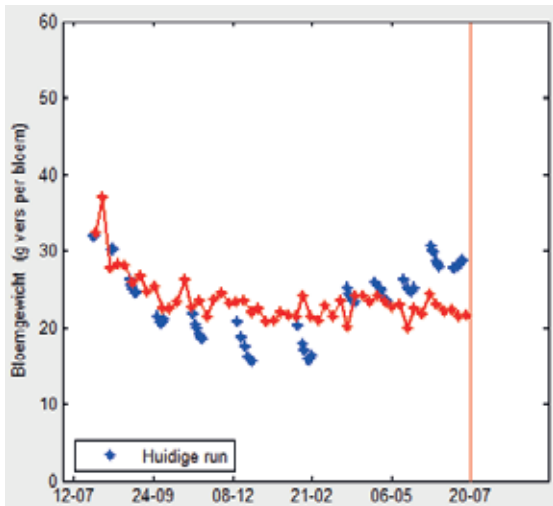


9 uur

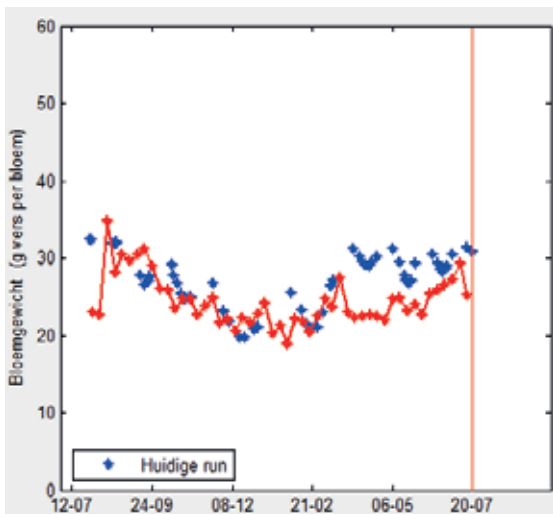
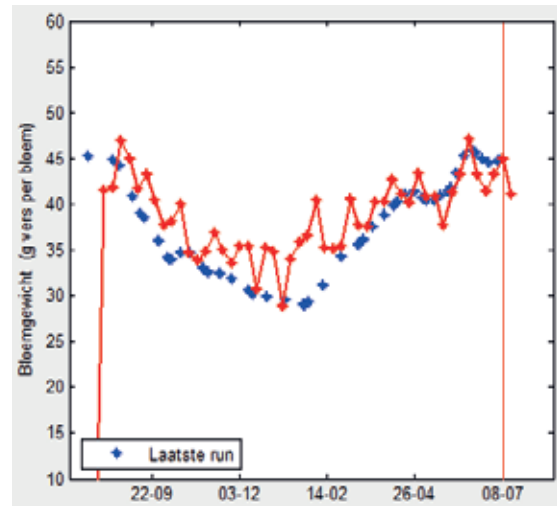
Heatwave

Figuur 36. Cumulatieve bloemproductie bij 3 daglengten, uitwerkend via de parameter DL-mech1-effect. NB. Kastransmissie is aangepast om lage PAR-niveau te realiseren bij modelklimaat. Blauw, meting.

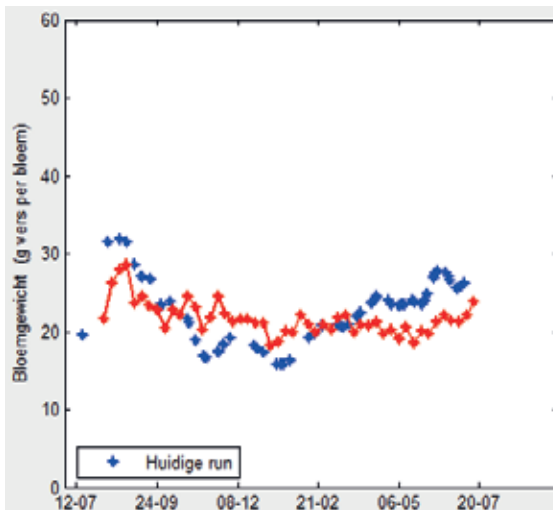
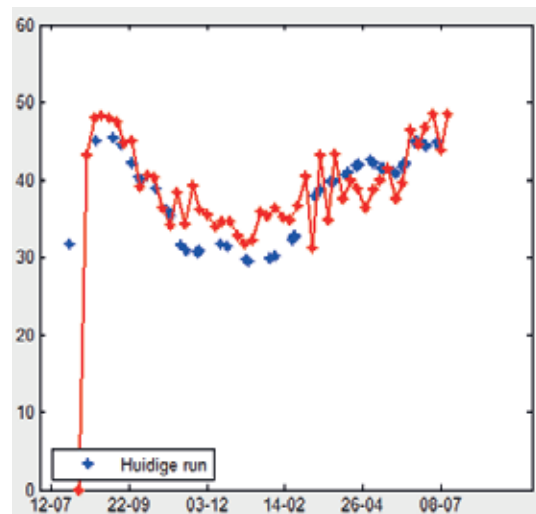
Het model volgt het verloop van de bloemproductie goed (Figuur 36) waarbij de helling van de grafiek netjes de geringe afvlakking in de wintermaanden volgt.



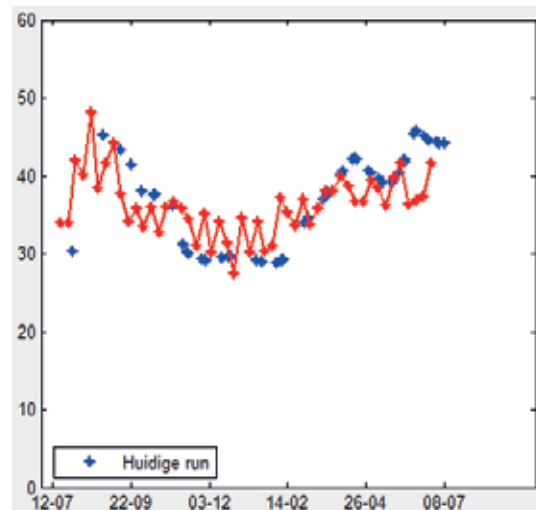
11.5



14



9 uur

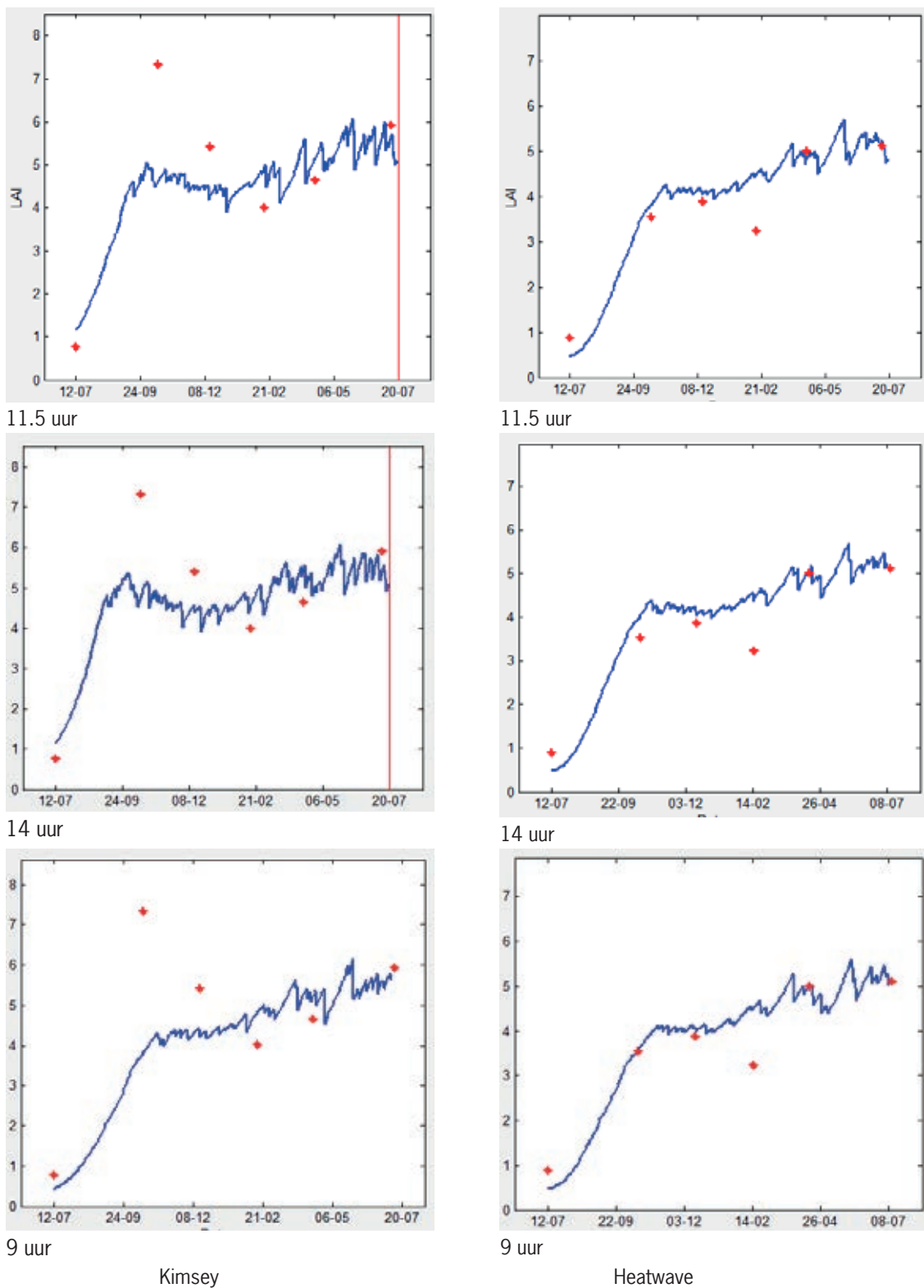


Kimsey

Heatwave

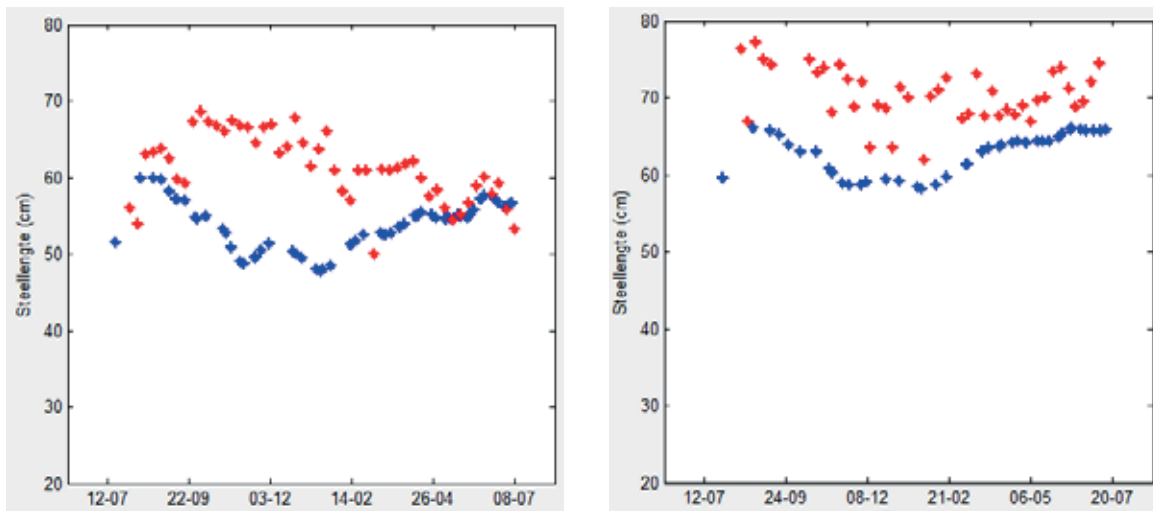
Figuur 37. Individueel bloemgewicht (g vers per bloem), gemodelleerd en gemeten in de daglengteproef. Rood, meting; blauw, model.

Vervolgens is bestudeerd of naast de bloemaantallen ook het gewicht een correct seizoensverloop kent. Inderdaad volgt het model de inzinking van het bloemgewicht in de wintermaanden (Figuur 37) voor alle behandelingen.



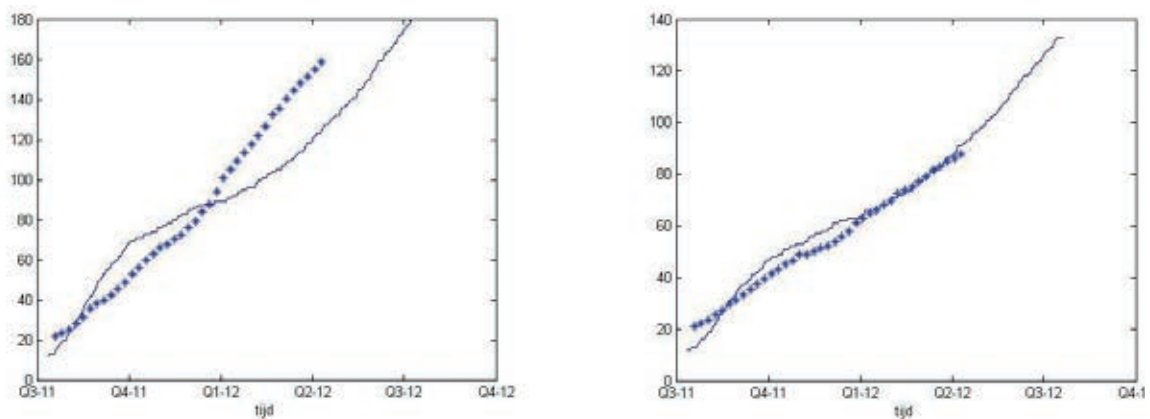
Figuur 38. LAI verloop (m²/m²) bij de 3 daglengten. Rood, meting; blauw, model.

In de metingen werd bij Kimsey in september een erg hoge LAI uit de sloopmetingen. Voor zo'n jong gewas is dit een uitzonderlijk hoge LAI. Het model kan deze waarde op geen enkele wijze bereiken (Figuur 38). Het model komt tot een maximum rond november en vakt daarna af doordat afstervende bladeren in een soort evenwicht vervangen worden door eenzelfde oppervlak aan nieuwe bladeren.



Figuur 39. Steellengte (cm) bij 11.5 uur, Kimsey (links), Heatwave (rechts). Blauw, meting; rood, model.

De steellengte werd in de eerste versies van het model nog niet goed gesimuleerd (Figuur 39). Bij de validatie werd m.b.v. al de bedrijfsregistraties een verbeterde modelberekening ingebouwd (zie 5.4. Validatie).

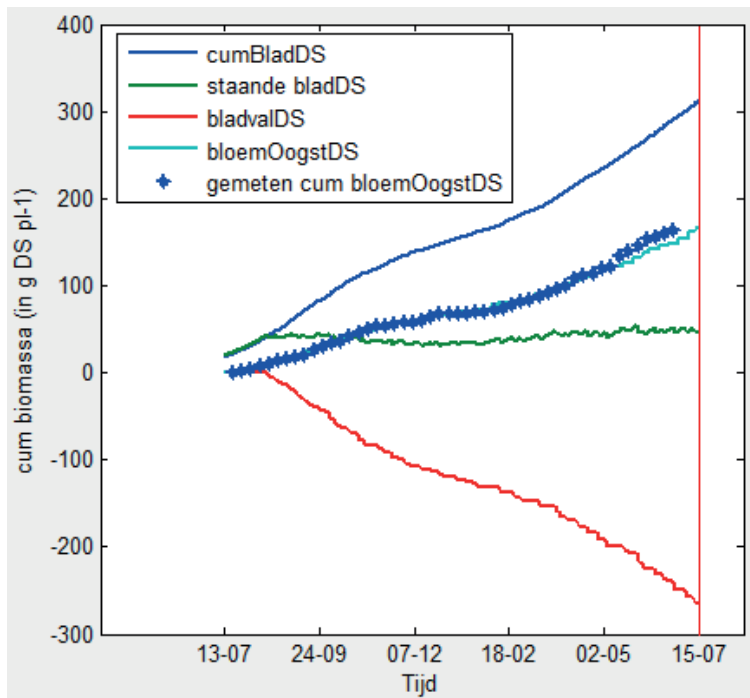


Figuur 40. Bladafplitsing bij 11.5 uur, Kimsey (links), Heatwave (rechts). Doorgetrokken lijn, model.

De bladafplitsing in het model is gekoppeld op de metingen waarbij de stuurvariabele dus de temperatuur is. In Figuur 40 is te zien dat de verlopen tussen meting en model niet geheel matchen (wel het gemiddelde over de hele periode) doordat de meting vreemd genoeg niet het temperatuurverloop in de kas volgt. Vermoedelijk hebben we te maken met enige spreiding in de resultaten, en is de modeljking op de gemiddelde afsplitsing correct. Voor Heatwave is overeenkomst tussen model en meting goed.

Verdeling van drogestof over blad en bloem:

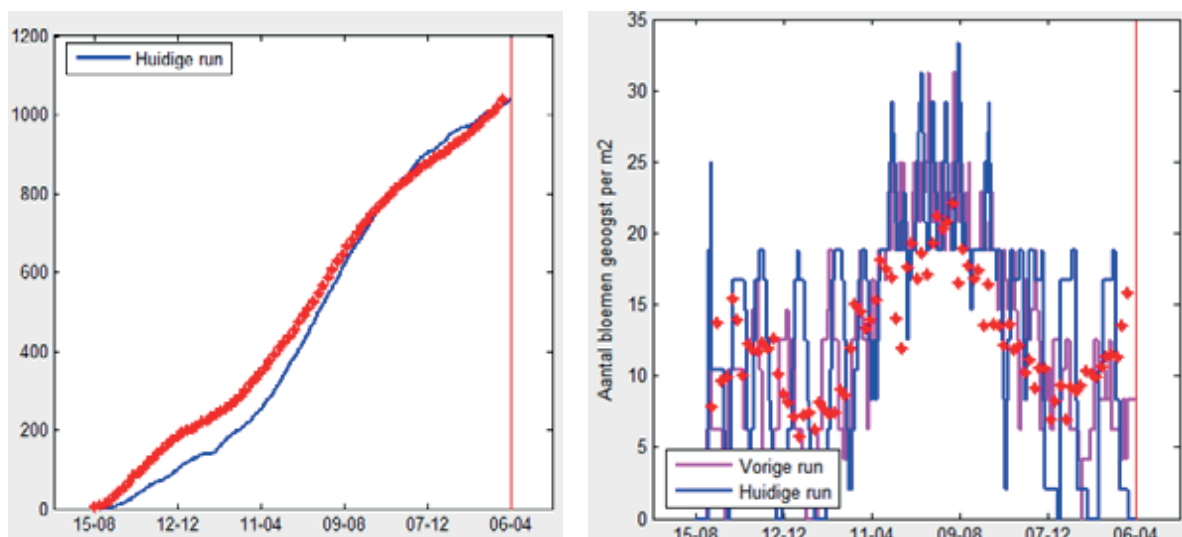
De drogestofverdeling naar de bloemen is gemeten, en het model kan daar goed op worden gefit. Daarnaast weten we wel de bladafplitsing (zie boven), maar niet de drogestof-toestroom naar het blad. Het model berekent dit wel, zie Figuur 41.



Figuur 41. Drogestofverdeling (g drogestof(DS) per plant) over blad en bloem, en gesimuleerde bladval voor Kimsey, 14 uur daglengte. Betekenis: cumBladDS, cumulatieve bladbiomassa; staande bladDS, groen blad aan de plant; bladvalDS, cumulatieve afgestorven bladbiomassa; bloemOogstDS, cumulatieve biomassa geogoste bloemen, +, idem uit de meting.

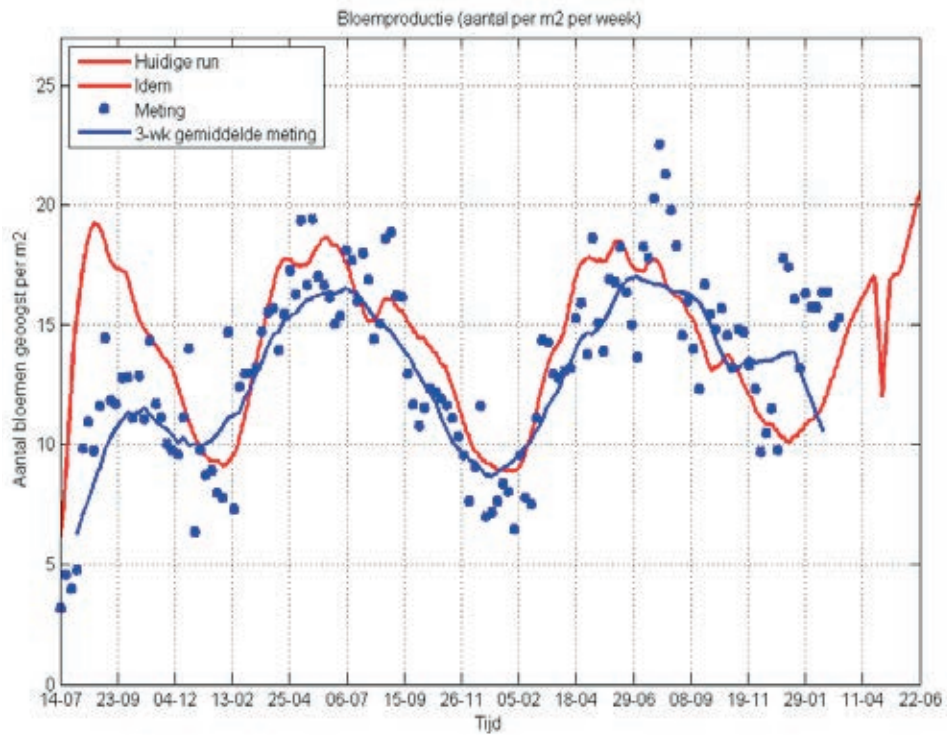
5.4 Validatie

Validatie van het model, dus ZONDER aanpassing van de parameters, voor HNT met startleeftijd gewas van 70 dagen:



Figuur 42. Validatie voor Het Nieuwe Telen gerbera.

Met de gecalibreerde parameterwaarden kloppen de simulaties HNT enigszins (iets te lage bloemproductie, te laag bloemgewicht in winters). Bij Holstein is na succesvolle tuning van de cumulatieve bloemproductie bij Suri de wekelijkse gesimuleerde bloemproductie overeenkomstig de metingen. De vreemde modelpiek bij start van de groeiperiode duidt op een te zwaar gewas bij de start, maar gaandeweg de teelt wordt het verloop correct. Om die reden moet altijd eerst een 3-6 maanden geregistreerd worden om het model 'op de rails' te krijgen.



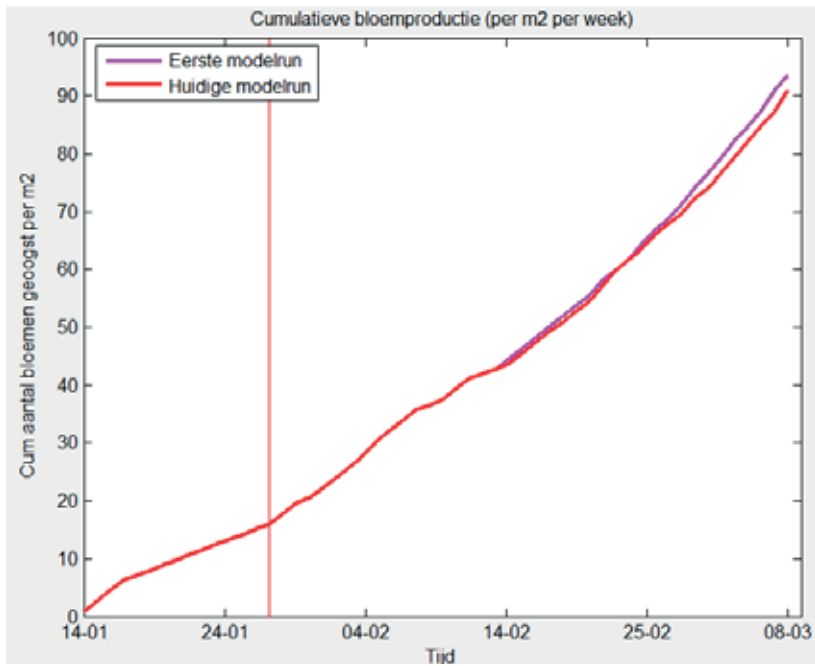
Figuur 43. Validatie van de wekelijkse bloemproductie ($\#/m^2$) van Suri bij Holstein Flowers (vanaf 14 juli 2011 tot 22 juni 2014).

CO₂ effect

De modelrespons op wijziging van CO₂-concentratie is gecheckt met de proef van De Gelder *et al.* (2012):

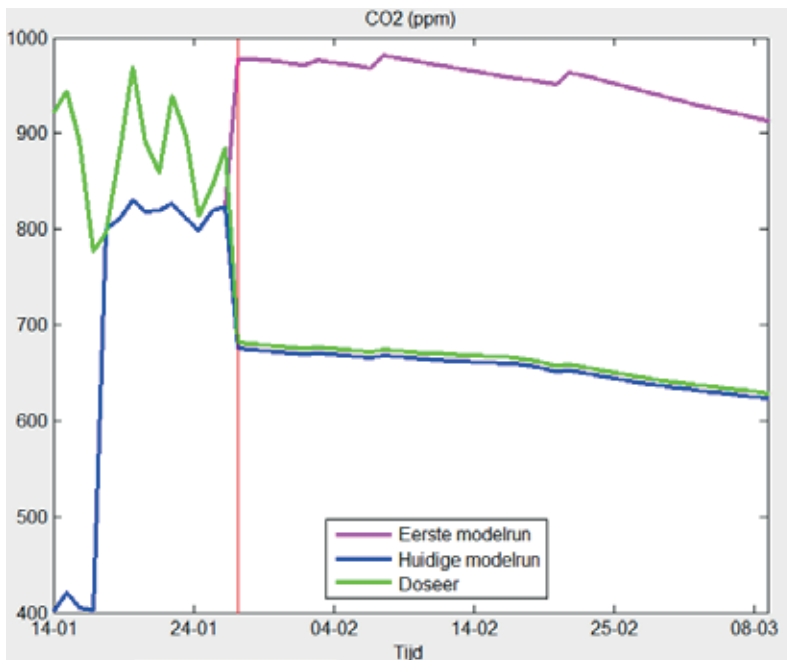
	Beperkt CO ₂		Normaal CO ₂		+erbij	
	meting	model	meting	Model	meting	Model
Cum bloemproductie (stuks/m ²)	245	244.6	260	257.1	6.2%	5.1%
Cum bloemgewicht (g vers per m ²)	4180	4298	4611	4643	10.3%	8%
Gemiddeld bloemgewicht (g vers)	17.07	17.57	17.73	18.06	3.9%	2.8%

Dit resulteert bij Klondike-Bison bij een verschil van 280 naar 70 kg doseringscapaciteit slechts in een verlaging van 3% productie in 5 weken, zie onderstaande figuur:



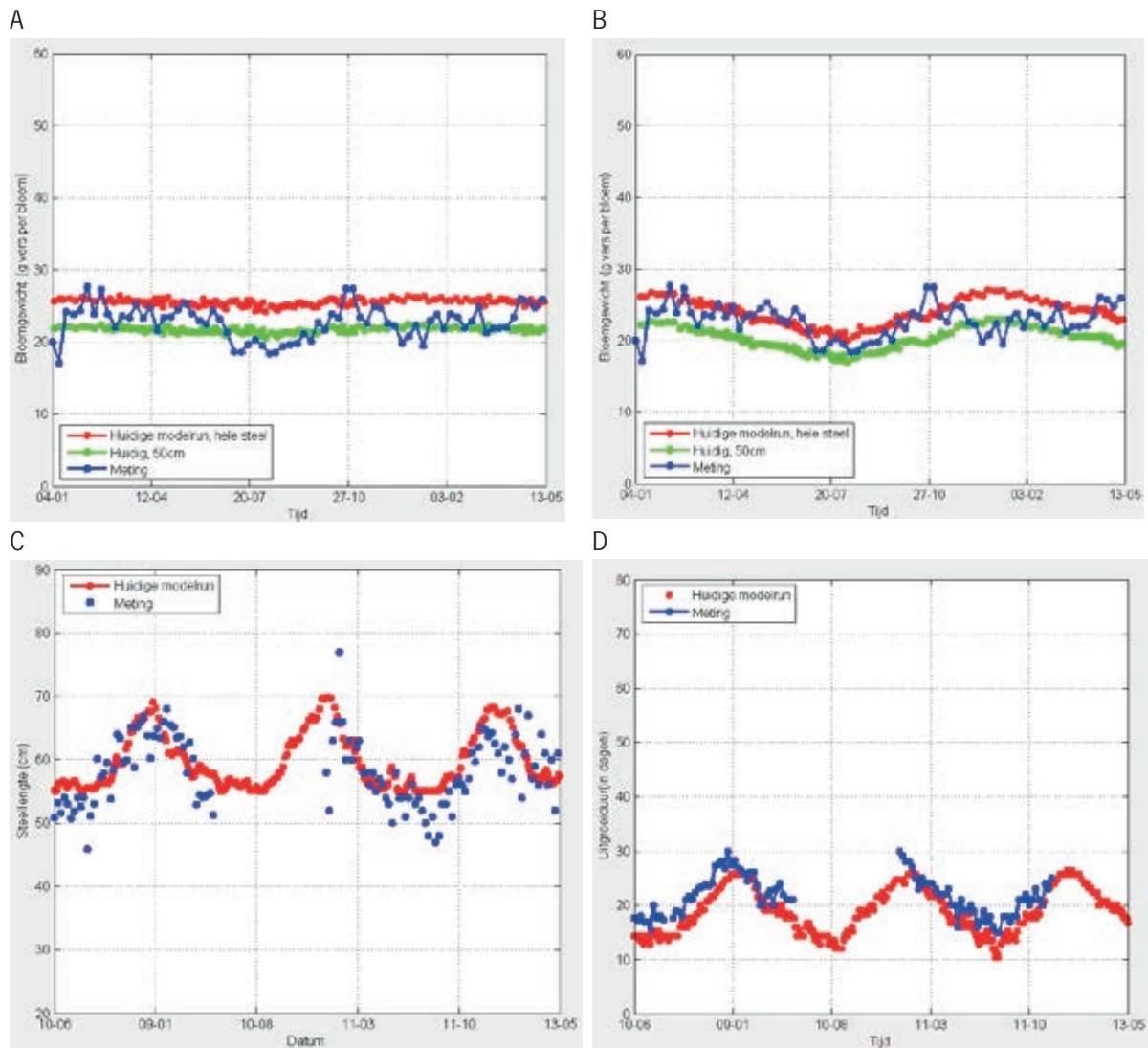
Figuur 44. Bloemproductie in een toekomstscenario bij 2 verschillende CO₂-doseercapaciteiten.

Dit komt doordat de lagere dosering CO₂-concentratie geeft die maar weinig CO₂-limitering laat ontstaan: in Figuur 45 is te zien dat het CO₂-gehalte nooit onder de 630 ppm uitkomt. Als CO₂ 400 ppm zou zijn, is de berekende productiedaling ruim 8%.



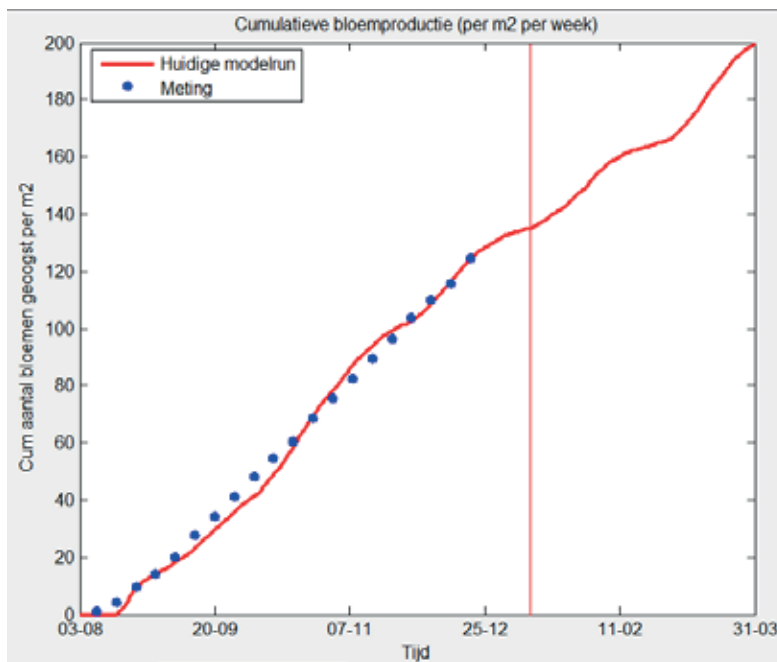
Figuur 45. CO₂-gehalten in de toekomstvoorspelling voor een hoge (roze lijn) en een lage (groen en blauw) CO₂-doseercapaciteit.

Voor Nell-Kimsey is in Figuur 46. het productieverloop voor meerdere jaren weergegeven. De cumulatieve productie was eerst getuned met de temperatuur- en lichtschiuifjes (zie Bijlage 2 voor uitgebreide toelichting op die werkwijze). Bloemgewicht daalde in het model echter nauwelijks in de winter (Figuur 46A). Door de gevoeligheid voor lagere assimilaten in de winter te verhogen volgde het model dit verloop iets beter (Figuur 46B). Deze gevoeligheid is voor ieder bedrijf apart in te stellen: de waarden staan in de registratiefile. Ook voor bloemdiameter en steellengte (Figuur 46C en D) zijn de parameters door de teler in te stellen. Dit heeft geen effect op de bloemproductie, m.u.v. de instellingen voor bloemgewicht.



Figuur 46. Modelresultaten Kimsey bij Nell. A: bloemgewicht voor tuning bloemparameter, B. na tuning, C, steellengte, D. Uitgroeiduur.

De cumulatieve productie van Candela is goed te modelleren na instellen van de tuning-schuijjes op 0.9 (zie Figuur 47).



Figuur 47. Cumulatieve bloemproductie van het ras Candela in najaar 2013.

5.5 Aanpassingen model-interface

Gedurende de vergaderingen met de begeleidingscommissie en met de gebruikers zijn vele voorstellen tot aanpassing gedaan. Deze aanpassingen betreffen zowel verbeteringen van de technische interface als van het inhoudelijke model zelf. Tevens betrof dit de toevoeging van het botrytismodel, dat voor de gemodelleerde klimaatcondities het risico voorspelt. De wijzigingen zijn gerapporteerd in de notulen en vallen buiten het bestek van dit rapport. Het uiteindelijke resultaat telt: in de Bijlage is de werking van de model-interface uitgebreid beschreven. Dezelfde beschrijving is in de help-functie van het model te lezen, en is dus voor elke gebruiker beschikbaar.

5.6 Conclusies

De calibraties van de cumulatieve bloemproductie zijn voor de meeste behandelingen van de daglengteproef goed geslaagd. Daarnaast zijn ook de bloemgewichten goed gesimuleerd. Voor niet alle teelten (bijv. Kimsey 110 - 11.5 uur) was de LAI ontwikkeling door het model goed gesimuleerd, maar dat maakte voor de bloemproductie en gewichten blijkbaar weinig uit: de vastgelegde biomassa was correct.

De validatie van Het Nieuwe Telen heeft een juiste simulatie van de bloemproductie opgeleverd. De validaties bij de telers uit de gebruikersgroep zijn geslaagd t.a.v. de cumulatieve aantallen en versgewichten van bloemen, omdat de tuning-schuifjes hiervoor een goed gereedschap zijn. Het tijdsverloop van productie, maar ook van bloemkenmerken (bv. diameter) was niet in alle gevallen geheel correct. Voor toekomstvoorspellingen t.a.v. gekozen scenario's is het model geschikt indien het via meelopende registratie goed is geïkt. De responses op daglengte, CO₂, temperatuur en licht zijn wetenschappelijk correct zodat daarmee scenario's kunnen worden doorgerekend.

In de huidige staat is het groeimodel bruikbaar voor de praktijk. Met een correct meelopende registratie zijn ook de lastige bloemkwaliteitsaspecten binnen het model (bloemgewicht, steellengte, mogelijk ook bloemdiameter) goed te ijken indien een registratieperiode van 3 tot 6 maanden wordt aangehouden.

6 Referenties

Eveleens, B., van der Helm, F., de Visser, P.H.B., 2011.

Literatuuronderzoek Bloei Gerbera - Verkenning informatie voor gewasgroeimodel gerbera. WUR Glastuinbouw rapport GTB-1098.

Farquhar G.D., von Caemmerer S., Berry J.A., 1980.

A biochemical-model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C3 species. *Planta* 149, 78-90.

De Gelder, A., Warmenhoven, M.G., Dings, E., Grootcholten, M., 2013.

Het Nieuwe Telen: Gerbera: Efficiëntie, economie en energie – Teeltseizoen 2011-2012. WUR Glastuinbouw rapport GTB 1217, 45pp.

Gijzen, H., 2006.

Modelling of gerbera flower production, WUR Glastuinbouw rapport.

Makkink, G.F., 1957.

Testing the Penman formula by means of lysimeters. *J. Instn. Wat. Engrs.* 11, 277-288.

Richter, M. 2001.

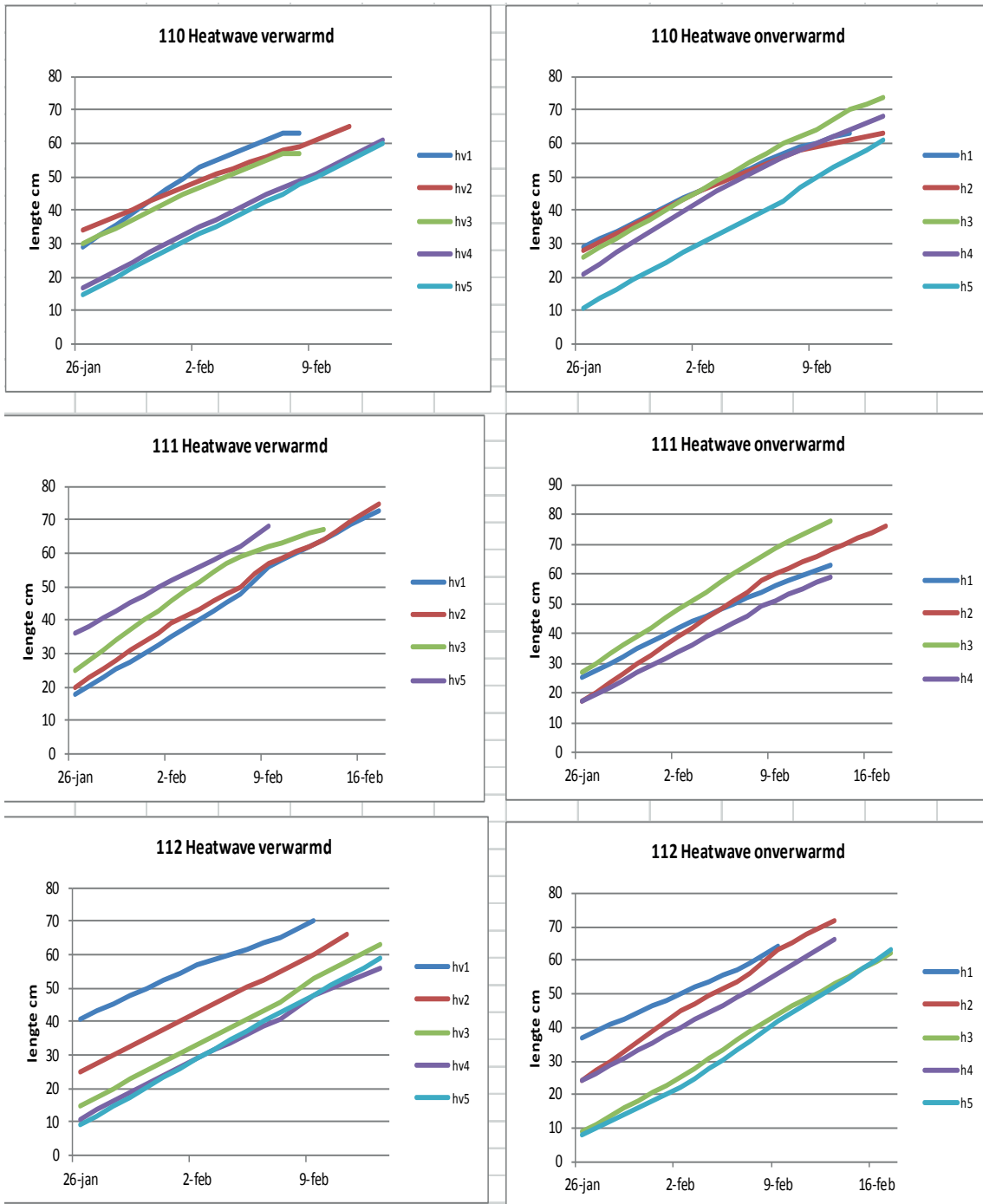
Erstellung eines Simulationsmodells für ein zu optimierendes Hydrokultursystem für die Gerbera-Schnittblumenkultur. Dissertation Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin.

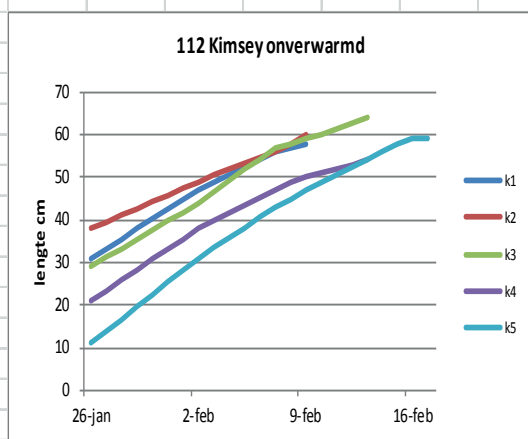
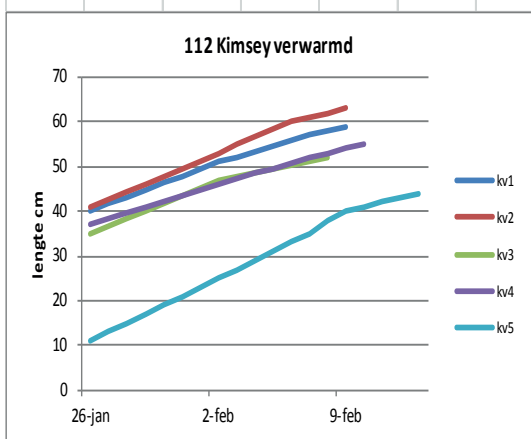
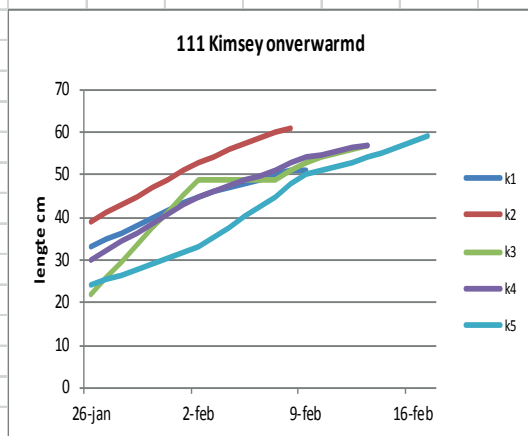
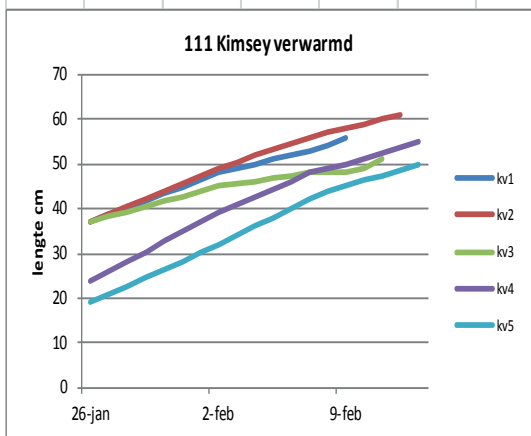
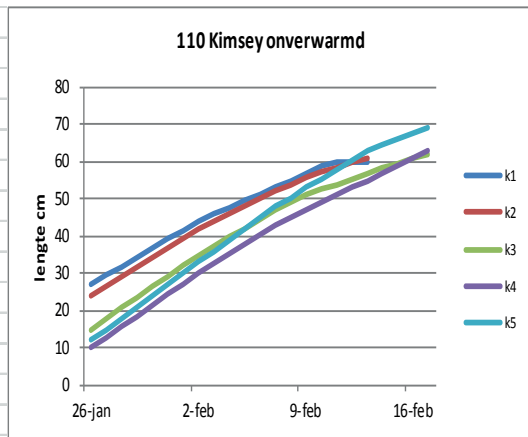
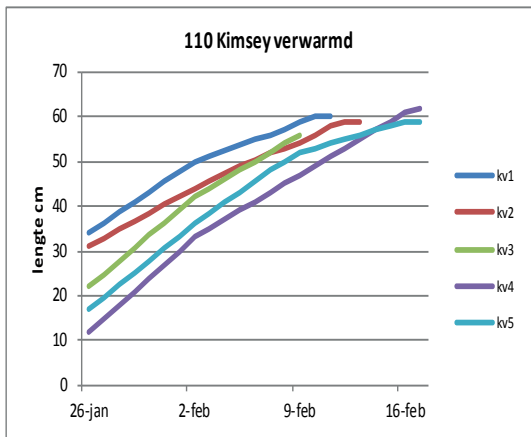
Visser, P. de, Körner, O., Noort, F. van en Marcelis, L., 2010.

Parapluplan Gerbera. Deelproject 6: Voorspellen en Sturen. Rapport GTB-1049.

Wageningen-UR Glastuinbouw.

Bijlage I Curves uitgroeiduur verwarmde en onverwarmde pot





Bijlage III Help documentatie

Versie 9 juli 2014, Wageningen UR Glastuinbouw

1.1 Introductie

Het Gerbera groeimodel is bedoeld om de gevolgen voor bloemproductie en kwaliteit uit te rekenen op basis van gekozen daglengte en een aantal te variëren klimaatcondities. Hiermee kan de teler mogelijk zijn beslissingen t.a.v. zijn klimaatstrategie aanpassen.

Bij aanschaf is het model op D:/gerberamodelPT geplaatst, en is een aantal hulpbestanden meegeleverd welke automatisch ingelezen worden. De worksheet 'wiebenik.xls' moet u openen, om de start- en einddatum van de te modelleren rassen te controleren en eventueel te wijzigen.

1.1.1 Aanbevolen werkwijze programma (zie ook punten in afbeelding)

1. Start met de keuze van een bedrijf-ras combinatie, linksboven in de interface. De keuze van het ras ligt dan meteen vast. Aan de bedrijfskeuze is een specifieke start- en einddatum verbonden: deze wordt automatisch ingeladen uit 'wiebenik.xls': zie de veldjes bij plant-, grafiek- en stopdatum. Deze datums kunnen gewijzigd worden, maar bij een grotere tijdsperiode zal het model meetdata van klimaat en gewasregistratie missen, en zal het modelklimaat gebruikt worden. Dit geldt sowieso voor berekening in de toekomst.
2. Druk op knop Instellingen, en wijzig indien nodig parameters. Zie verder punt 'Instellingen' hieronder.
3. Kies voor bron van klimaatdata bij de 'radiobutton' voor eigen lets-grow data of voor modelklimaat. Dit modelklimaat is nog niet getuned voor uw bedrijf. Dit kan met de schuifjes voor 'Klimaat in toekomst' (ook dus geldig indien hele teelt berekend met modelklimaat).
4. Druk op 'Start groeimodel' en binnen 1 min verschijnt een nieuwe grafiek.
5. Nu kunnen de buttons rechts in de interface worden ingedrukt om de diverse outputs te bekijken.
6. Printen: de data van de grafieken komen in een Excel-file, genoemd naar de gekozen bedrijf-ras combinatie, in de data directory van het geïnstalleerde programma.



Opmerking t.a.v. de grafieken:

De blauwe kruisjes zijn metingen uit uw registratie, de rode symbolen of lijnen zijn modelberekening, de roze lijnen de vorige berekening (indien de optie 'vorige run' is gekozen).

Opmerking t.a.v. licht-input:

Het model rekent met de hoeveelheid PAR-licht in de kas bij de plant. Als deze PAR niet gemeten is en in de Letsgrow data ontbreekt, wordt de geregistreerde globale straling automatisch omgerekend, met behulp van de gegevens die u in het menu 'Instellingen' invult. De curve is dan groengekleurd. Deze berekening uit buitenstraling wordt ook in de toekomstberekening benut. Bij twijfel graag met de ontwikkelaars of consultant contact opnemen, dan zijn de instellingen meer op maat te maken.

6.1.2 Menu "Instellingen"

1. Vul bij '*gewaskenmerken*' in welke plantdichtheid en welke (geschatte) leeftijd het gewas had bij planten.
2. Vul bij '*lichtdoorlatendheid schermdoek*' in welk percentage licht het doek doorlaat in de situatie die u wilt berekenen. Vul 100% in als het doek niet gesloten is. Vul bijvoorbeeld 50% (afhankelijk van doektype) in bij een open-bandjesscherm dat op dat moment gesloten is.
3. Krijten: wijzig *begin- en eindweek* van krijtperiode (als u niet krijt: waarden gewoon laten staan), en vul bij '*afname licht door krijt*' in welk percentage licht het krijt tegenhoudt. Vul 0% in als er niet gekrijt is. Hoe dikker er gekrijt is, hoe hoger dit percentage moet zijn.
4. Vul bij '*belichtingsintensiteit*' in hoeveel umol PAR u belicht. Vul 0 in als u in de situatie die u wilt berekenen geen lampen aan heeft staan.
5. Invullen *isolatiepercentage scherm*, *schermkier* en *ventilatorgegevens* spreken voor zich.

6.1.3 Sturen toekomstig klimaat

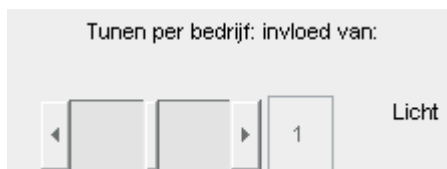
Het model rekent de historie van de betreffende teelt en een stukje toekomst uit. Door zelf de klimaatomstandigheden van de toekomst in te vullen en te variëren, kunt u in de grafiek zien welk effect dit heeft op de groei en productie.

1. Bepaal bij 'lampen aan' in onder welk niveau van globale straling (W/m^2) u de lampen aan doet door het schuifje te bewegen.
2. Bepaal bij Etmaaltemperatuur setpoint bij welke kastemperatuur u de berekening uit wilt voeren.
3. Bij lichtinvloed op etmaaltemperatuur is met het schuifje de invloed te variëren.
4. Schermen worden gesloten boven een bepaald stralingsniveau, gebruik het schuifje.
5. Vul bij CO₂ in bij welk CO₂ niveau u de berekening uit wilt voeren door het schuifje te bewegen.
6. De CO₂ doseercapaciteit zal de uiteindelijk te leveren CO₂-concentratie uitrekenen. Zie punt 'CO₂ doseercapaciteit' voor wijzigen van settings t.b.v. simulatie van deze dosering.
7. Daglengte is in stappen van 0.1 uur te variëren.
8. De maximale CO₂-concentratie is instelbaar

Voor een tijdsinterval binnen de toekomstige rekenperiode kunnen bovenstaande settings andere waarden gegeven worden. Als U bijvoorbeeld even een lange dag wilt geven om het gewas wat vegetatiever te krijgen. Let wel dat de uitkomsten voor bloemproductie 3-weeks gemiddelden zijn, dus het effect van een kort tijdsinterval (bv. 2 weken) wordt wat uitgemiddeld.

6.1.4 Model op rails krijgen - tunen - met schuifjes

Model en meting komen bij aanvang niet zondermeer overeen. Een eerste gebruikperiode van 3 tot 6 maanden wordt aangeraden om het model 'op de rails' te krijgen. Doordat per kas een ras anders kan presteren willen we het model ijken/tunen m.b.v. geregistreerde productie en bloemeigenschappen. Invoer van deze metingen wordt hieronder bij 'Registratie' toegelicht. Als die metingen verwerkt zijn, en het model voor die periode is gedraaid en niet overeenkomt, zal eerst een deskundige van WUR Glastuinbouw het moel goed tunen. Dit gebeurt door aanpassing van parameterwaarden in de registratiefile, in het tabblad 'Param'. Maar U kunt ook d.m.v. het schuifje voor lichtgevoeligheid het model aanpassen:

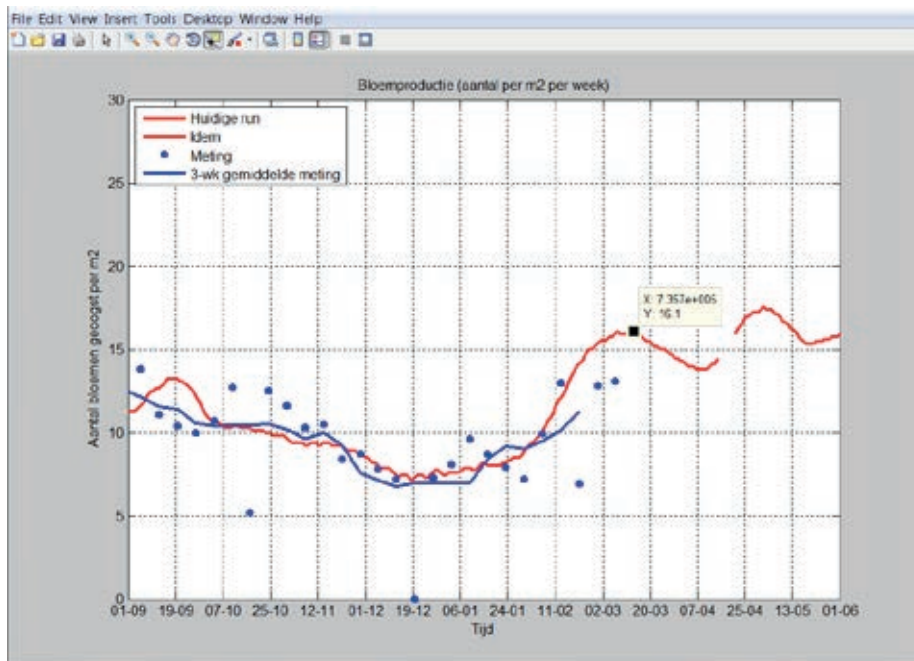


Hoe werken de schuifjes: als de bloemaantallen of de bloemgewichten te laag zijn: *lichtschuifje* omhoog, eerst van 1 naar 1.1, maar hooguit naar 1.3. Als de productie te hoog is: schuifje onder de 1.

Een temperatuurschuifje zou meestal een vergelijkbaar effect moeten hebben als het lichtschiifje, met uitzondering van de uitgroeiduur. Dit zelfde effect komt omdat temperatuur en licht in de kas meestal gerelateerd zijn (in een lichtere kas warmen de bloemen ook meer op). Voor een simpeler en eenduidiger bediening is correctie beperkt tot het lichtschiifje. Toch grijpen in het model temperatuur en licht in op andere processen: temperatuur op groeisnelheden (bv. afsplitsing van bloemen), en het licht op gewichtstoename, biomassa, door fotosynthese.

6.1.5 Aflezen van de grafieken

- U ziet na de modelberekening een grafiek met de cumulatieve bloemproductie, en overige outputs zijn door klikken op de buttons te zien. De blauwe kruisjes zijn metingen uit de registratie, de rode symbolen of lijnen zijn modelberekening, de roze lijnen de vorige berekening (indien de optie 'vorige run' is gekozen).
- De verticale rode lijn geeft de huidige datum weer, en na deze datum heeft het model met een 'modelklimaat' gerekend.
- De bovenste 5 buttons geven het voor de simulatie gebruikte klimaat weer (Straling, PAR, CO₂, temperatuur, vochtdeficiet). Na de verticale lijn van huidige datum is een vrij glad modelklimaat te zien.
- Gridlijnen toevoegen kan als het hokje 'Grafiek grid aan' wordt aangevinkt.
- De toekomstige bloemproductie kan iets van een golfpatroon vertonen; dit komt doordat in het model het gewas zich via zo'n golf aanpast aan een wijziging in het klimaat. Kijk s.v.p. naar het 'bredere beeld' wat de simulatie aangeeft.
- Een grafiek in meer detail bekijken kan als de button 'Zoom in' wordt ingedrukt. Dan komt de grafiek van de uitvoer die je op dat moment bekijkt in een aparte window. Deze window heeft de volgende mogelijkheden: Figuur bewaren of printen, aanzetten vergroting danwel verkleining (binnen de assen), schuiven, roteren (alleen zinvol indien 3D), grafiekpunt aanklikken om waarde te zien, en wat kleuropties. Al deze opties staan in de menubalk van die grafiek, zie hieronder in de bloemproductie-grafiek (aangeklikt punt: Y=16.1):



6.1.6 CO₂ doseercapaciteit

De doseercapaciteit kan middels rekenregels van DLV worden berekend en gebruikt in de CO₂-voorspelling in de toekomst. Door een schuifje links onder in interface kan de capaciteit worden gewijzigd.

6.1.7 Printen van de resultaten

Na indrukken van de print knop verschijnt de vraag of u de huidige grafiek wilt afdrukken, of een tabel met de resultaten. De tabel heeft de vorm van een Excel-bestand, welke in de werkdirectory van het model staat. De naam van het bestand begint met de naam van de gekozen bedrijf+ras combinatie. Er mag GEEN .xls achter gezet te worden, dit gebeurt namelijk automatisch.

6.1.8 Registratie en logboek menu

De registratiegegevens svp in een Excel-werksheet invoeren die in de datafolder van het model moet staan. Hieronder staat een voorbeeld. De naam is dezelfde als in de worksheet wiebenik.xls staat, meestal 'TelerRas.xls' zoals NellKimsey. Binnen de registratiesheet moet je in het tabblad gewasreg zijn.

Plant ID	Growth Stage	Days	Stem Length (cm)	Diameter (cm)	Flower Diameter (cm)	Flower Stage	Date	Week
735434	0					0	19-7-2013	29
735441	0					0	26-7-2013	30
735440	0					0	2-8-2013	31
735455	1.12					0	9-8-2013	32
735462	3.07					0	16-8-2013	33
735469	5.38					0	23-8-2013	34
735476	4.61		51	12.15		37.75	29-8-2013	35
735483	5.0		52	11.975		35	6-9-2013	36
735490	6.01		52	12.3		35	13-9-2013	37
735497	6.42		54	12.625		38.5	20-9-2013	38
735504	7		57	11.625		34.5	27-9-2013	39
735511	6.94		58	11.825		34	4-10-2013	40
735518	6.61		56	12.55		35.5	11-10-2013	41
735525	5.75		55	12.625		35.75	18-10-2013	42
735532	8.02		59	12.1		38.25	25-10-2013	43
735539	6.79		58	11.9		38.5	1-11-2013	44
735546	7.07		58	12.3		42	8-11-2013	45
735553	7.17		61	11.875		39.75	15-11-2013	46
735560	6.88		62	12.025		40	22-11-2013	47
735567	7.53		63	11.85		40.5	29-11-2013	48
735574	6.91		64	11.875		42.75	6-12-2013	49
735581	5.78		63	11.575		38.25	13-12-2013	50
735588	8.99		61	11.9		40.3	20-12-2013	51

Na indrukken van de knoppen Registratie of Logboek verschijnen menu's die redelijk vanzelf spreken. De gewasregistratie mag niet binnen het model worden gewijzigd (in een modelupdate zal dit ook niet meer kunnen), alleen in de Excel-file zoals hier in het voorbeeld.

Indien logboekgegevens worden toegevoegd of gewijzigd wordt dit direct via ftp-transfer op een centrale server opgeslagen.

6.2 Voor vragen en suggesties:

Pieter de Visser, Wageningen UR Glastuinbouw (pieter.devissier@wur.nl tel 0317-485822)
 Frank van der Helm, Wageningen UR Glastuinbouw (frank.vanderhelm@wur.nl tel. 0317-485720)

6.3 Disclaimer en waarschuwing

Een model is altijd een vereenvoudigde afspiegeling van de werkelijkheid. Modelberekeningen zullen daarom ook regelmatig niet helemaal overeenstemmen met de feitelijke situatie in de kas, hoe zorgvuldig het model ook is gemaakt. Variatie van gewasopbouw en bloemkwaliteit zijn van vele factoren afhankelijk. Dit groeimodel biedt hiervoor aanknopingspunten door de volgens de huidige kennis meest invloedrijke factoren te selecteren. Desalniettemin zijn meerdere factoren niet meegenomen door het ontbreken van kwantitatieve kennis, bv. t.a.v. effecten van DIF en vochtdeficiet op gewasopbouw. We adviseren u langzaam en voorzichtig uw strategie aan te passen. U bent en blijft zelf voor 100% verantwoordelijk voor uw eigen beslissingen. Wageningen UR is niet aansprakelijk voor schade die voortvloeit uit het gebruik van dit model.

7 Bijlage 5. Model details

De volgende modelonderdelen worden doorlopen om blad, bloem en zijnscheut te vormen:

- I- Devstep: is de fractie van de ontwikkeling die die dag plaatsvindt op basis van de daggemiddelde temperatuur (Tact), en is $(Tact - Tbase)/Tsom_plastochron$. De basistemperatuur Tbase is 8 graden verondersteld, en het plastochron (=temperatuursom voor ontwikkeling van orgaan) is geijkt op 150 daggraden, aldus is devstep per dag $(Tact - 8)/150$. Dit betekent voor continu 20 graden een devstep van 0.08 en een totale ontwikkeltijd van 12.5 dagen. Elke dag wordt het ontwikkelstadium verhoogt met devstep /relatieve inductieperiode (zie punt III). Als de gesommeerde waarde boven 1 komt, is het oog geïnitieerd en begint de ontwikkeling tot aan determinatie.
- II- De uitgroeiduur van blad en bloem hangt uiteraard ook van de voortgeschreden temperatuursom af. Voor blad is de maximale uitgroeiduur aangegeven door de parameter 'nodwt.relgrowthperiod' (met als eenheid het aantal 'devsteps'), voor de bloem door de parameter flwt.relgrowthperiod. Bij een waarde van 6 duurt de uitgroei 100 dagen bij blad, waarbij 90% van de groei in de eerste 50 dagen.
- III- Inductie ogen t.b.v. bloemen en zijnscheuten ("bloeilnd"): toevoegen bloemknoppen nadat een teller per scheut de waarde 1 overschrijdt. De teller is afhankelijk van temperatuursom en van het opgelegde aantal bladeren onder de nieuwe bloem (vastgelegd in de parameter 'bloei_reinductionperiod').
- IV- bloeiDetV: determinatie, i.e. verschijnen van bloemen, afhankelijk van geaccumuleerd trigger-sigitaal (dagbloeikracht) dat boven drempelwaarde ('flowertrigger.threshold') uit moet komen. De accumulatie van het triggersigitaal wordt opgeslagen in de variabele 'devFlowerPhm' en wordt bepaald door temperatuur en lichtjes geremd bij lage source/sink, waarbij de Richards-curve met ingeschatte waarden voor de 4 parameters bij elke dagstap tot een stapje in de accumulatie leidt, tot met de drempelwaarde 'flowertrigger.threshold' met waarde 2. De Richards-curve strekt zich 10 devsteps uit, maar is al halverwege aan een maximum met waarde 4, dus tussen devstep 1 en 5 zal de drempel reeds worden overschreden en de bloem of zijnscheut ontstaan. De gedetermineerde bloem zal nu in module addDevGen (zie onder) een ontwikkeling doorlopen alvorens het oogstbare stadium te bereiken.

Opm.: Als de source/sink op deze accumulatie geen invloed zou hebben, is deze modelroutine overbodig aangezien al in bloeilnd een temperatuursom afhankelijke ontwikkeling tot volgende bloemknop of zijnscheut is berekend.

- V- addBranch: toevoegen zijtakken afhankelijk van geaccumuleerd trigger-sigitaal (budbreakkracht) dat boven drempelwaarde uit moet komen. Van de bestaande, voor zijtakken bestemde ogen, is via modelroutine 'addDevBranch' een ontwikkelstadium (temperatuursom) bijgehouden, en via een Richards-curve wordt bepaald wat de groeikracht van de oog is. Deze groeikracht wordt nog afgezwakt indien de source/sink laag is. Vervolgens moet de kracht voldoende (i.e. boven de drempelwaarde uitkomen) zijn om tot daadwerkelijke vorming van de zijnscheut te komen. Er is verder een boekhoudkundige rekenstap om de 2D-matrix te updaten met de nieuw gevormde zijtak.

Opm.: Bovengenoemde Richards-curve is te lastig om te parametriseren, en feitelijk een zinloze rekenregel aangezien we in de daglengteproef constateren dat er altijd tot een maximum aan zijnscheuten wordt gegroeid en dit maximum wordt nooit verder overschreden c.q. verlaagd want de zijnscheuten aborteren zelden. De modelroutine is versimpeld tot een optelling van graaddagen, welke iets vertraagt bij lage source/sink.

- VI- addDevVeg: toevoegen ontwikkelingsstappen en nieuwe nodia aan bestaande voortzettingen
- VII- addDevFlnd: toevoegen dev in 2D VMAT voor triggerFlower. Dit is bedoeld om de geïnduceerde bloem te triggeren om tot determinatie te komen, i.e. te ontwaken. Dit is in huidige modelversie overgeslagen, want na inductie wordt de knop direct gedetermineerd en krijgt dan meteen een ontwikkelstap van 0.01 mee voor verdere ontwikkeling in module addDevGen, hieronder:
- VIII- addDevGen: toevoegen ontwikkelingsstappen in 2D VMAT door per groeiende bloem een dagelijkse stap toe te voegen, uitgedrukt in de waarde 'devstep' gedeeld door de parameterwaarde voor flrwt.relgrowthperiod;
- IX- addDevBranch: toevoegen dev in 2D VMAT voor triggerSideshoot

