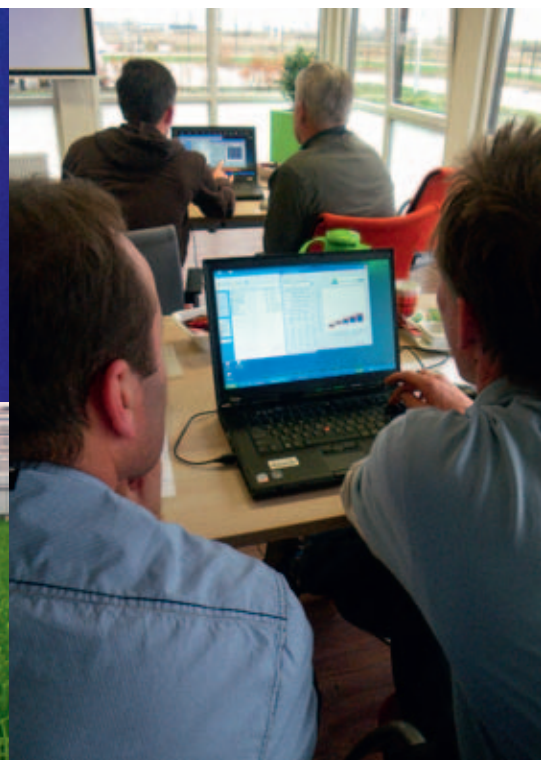




Freesia groeimodel

Ontwikkeling van een groeimodel voor gebruik door telers

Caroline Labrie, Pieter de Visser, Fokke Buwalda en Frank van der Helm



Referaat

Wageningen UR Glastuinbouw heeft in nauwe samenwerking met de freesiasector en met financiering van de sector via het Productschap TuinbouwT onderzoek gedaan naar de (kwantitatieve) effecten van klimaat op groei van Freesia, en heeft dit vervat in een dynamisch groeimodel. Op basis van metingen aan fotosynthese, groei en lokale klimaatcondities zijn rekenregels opgesteld en verwerkt in het model. Het model is in samenspraak met enkele Freesia telers en adviseurs voorzien van een gebruikersvriendelijke interface. Dit model geeft de telers zelf de beschikking over een rekeninstrument waarmee de groei berekend wordt in relatie tot klimaatfactoren. Dit is een hulpmiddel op basis waarvan zij gericht actie kunnen nemen om de groei te verbeteren. Het model is te downloaden van www.tuinbouw.nl.

Abstract

Wageningen UR Greenhouse Horticulture conducted in close cooperation with the Dutch freesia sector research on the effects of climate on dry matter production of Freesia plants. The relationships were established on the basis of photosynthesis, growth and climate data measured in greenhouses of Freesia growers. The relationships were incorporated in a dynamic growth model that correctly simulated the dry matter growth in a series of trials. A user-friendly interface was satisfactorily developed interactively with a number of Freesia growers. The model can be used by growers to find the most optimal combination of climate factors for Freesia growth at given plant age and greenhouse settings.

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Wageningen UR Glastuinbouw

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

Inhoudsopgave

Voorwoord		5
Samenvatting		7
1	Inleiding	9
	1.1 Probleemstelling	9
	1.2 Doelstelling	9
2	Metingen ten behoeve van het model	11
	2.1 Klimaatmetingen	11
	2.2 Gewasgroei en bloemproductie	12
	2.3 Fotosynthese	14
3	Modelontwikkeling: gebruikte rekenregels	17
	3.1 Fotosynthese	17
	3.2 Groei en ademhaling	17
	3.3 Knoldynamiek en de oogst van takken	18
4	Rekenresultaten groeimodel	19
	4.1 Fotosynthese	19
	4.2 Groei en productie van enkele teelten	21
	4.3 Seizoenseffect op fotosynthese, LAI-ontwikkeling en teeltduur	23
	4.4 Effecten op plantgroei van licht, temperatuur en CO ₂	25
5	Interface voor praktijkgebruik	27
	5.1 Keuze van startweek en simulatieweek	27
	5.2 Klimaatomstandigheden variëren	27
	5.3 Aflezen van de informatie	28
	5.4 Handleiding en verdere ondersteuning	28
6	Conclusie en aanbevelingen	29
	6.1 Het model	29
	6.2 Het interactieve proces	29
	6.3 Discussie	29
	6.4 Aanbevelingen	30
	6.5 Vooruitblik	30
7	Literatuur	31
Bijlage I	Handleiding computerprogramma “groeimodel freesia”	33

Voorwoord

Zonder de enthousiaste medewerking van de denktank Freesia was dit werk niet tot stand gekomen; Hans Pronk, Peter Penning, Ben Akerboom, Marco Mol, Rick Gerichhausen, Jos Zeestraten en Alex van der Heijden; bedankt voor jullie inzet, ook als begeleidings commissie onderzoek. Daarnaast danken we de freesiateler Van Dijk voor het ter beschikking stellen van een gedeelte van hun kasruimte, de freesia's en de inzet voor de proef t.b.v. de meetseries.

Dit onderzoek is uitgevoerd op verzoek van de Landelijke Commissie Freesia van LTO-Groeiservice en gefinancierd door Productschap Tuinbouw.

Caroline Labrie

Pieter de Visser

Fokke Buwalda

Frank van der Helm

Bleiswijk, maart 2011

Samenvatting

Onder Freesiatelers en –adviseurs leven er vragen over de invloed van het kasklimaat op groei, ontwikkeling en productie van freesia. Groeipunten die uitlopen, worden nu nog te vaak in jong stadium geaborteerd door niet optimale teeltomstandigheden. In andere gewassen zijn er al tientallen jaren modellen die op basis van licht, temperatuur, CO₂ en luchtvochtigheid een voorspelling van de drogestofproductie kunnen doen. De sector vertaalde deze kennisbehoefte bij freesia in een vraag naar een rekeninstrument waarmee de telers en adviseurs de meest relevante klimaatinvloeden op de groei van freesia zelfstandig kunnen berekenen. Dit rapport beschrijft het ontwikkelingsproces, de onderliggende rekenregels en test van het model voor drogestofproductie bij freesia. De theoretische basis van het model wordt gevormd door fysiologische basiskennis, aangevuld met kennis betrokken uit een reeks praktijkproeven bij telers waarbij lokaal kasklimaat, gewasgroei en takproductie is gevolgd en fotosynthesemetingen zijn uitgevoerd. De gevonden relaties zijn vastgelegd in rekenregels in een computerprogramma in Matlab software.

Het computerprogramma is vervolgens in overleg met telers omgebouwd tot een eenvoudig te gebruiken model voor berekening van drogestofproductie en dissimilatie van freesia in afhankelijkheid van lichtniveau, temperatuur, CO₂ en luchtvochtigheid. Dit model biedt telers de mogelijkheid om meer inzicht te krijgen in de groei van het gewas en zo de meest optimale klimaatomstandigheden voor dat moment te bepalen. Ook of juist als een van deze klimaatfactoren limiterend is. Zo is het model een hulpmiddel op basis waarvan telers gericht actie kunnen nemen om de groei te verbeteren. Dit project is tot stand gekomen dankzij een investering van de sector via het Productschap Tuinbouw.

Het model is te downloaden van www.tuinbouw.nl.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Om de rentabiliteit van de teelt van Freesia te verhogen, is meer kennis nodig van de effecten van klimaat op groei, ontwikkeling en kwaliteit. Groeipunten die uitlopen, worden nu nog te vaak in jong stadium geaborteerd door niet optimale teeltomstandigheden. Hierdoor kunnen van de zeven groeipunten die uit kunnen lopen, uiteindelijk maar drie of vier takken worden geoogst.

Freesiatelers en –adviseurs vragen zich af welke klimaatfactoren op een bepaald tijdstip ongunstig zijn voor groei, ontwikkeling en productie van freesia, en of ze elkaar versterken of verzwakken. Zo zou op een zonnige dag het schermen niet nodig zijn als de ruimtetemperatuur maar niet te hoog wordt. Of is een verhoging van de CO₂-concentratie soms onnodig omdat er te weinig licht is om daarmee de fotosynthese en groei te verhogen. Daarnaast speelt de gewastoeestand ook een rol in het geheel, want als de plant al een groot bladpakket heeft ontwikkeld kan veel licht onderschept worden, maar is ook de plantademhaling groter. De werking van deze combinatie van groeifactoren en stand van het gewas op de groei kan met een computermodel worden berekend. Daarvoor moet eerst de invloed van de afzonderlijke factoren in rekenregels worden vastgelegd, en vervolgens worden alle regels gecombineerd tot een model.

1.2 Doelstelling

Het doel van het hier gerapporteerde project is om (1) de huidige plantenfysiologische kennis te integreren, en (2) door metingen en berekeningen nieuwe kennis te genereren zoals verbanden tussen groeifactoren, om de groei en ontwikkeling van freesia te optimaliseren. Dit onderzoek richt zich op het bepalen van de invloed van CO₂, licht en ruimtetemperatuur op groei in zijn geheel (beschikbaarheid assimilaten en aanmaak droge stof), zodat de fotosynthese kan worden geoptimaliseerd. De kennis wordt geïntegreerd in een computermodel. Ook het effect van luchtvochtigheid op de groei maakt deel uit van het model. Het model wordt getest en gevalideerd m.b.v. binnen het project gemeten data.

Dit onderzoek richt zich nog alleen op de algehele drogestofgroei. Een logische volgende stap in de ontwikkeling van een groeimodel is het bepalen van de assimilatenverdeling naar blad, knol en bloemtakken. Dit vormt nog geen onderdeel uit van dit onderzoek. De koppeling met energiebesparing maakt ook nog geen onderdeel uit van dit project, maar deze module kan desgewenst later in het groeimodel geïntegreerd worden. Het fysiologische groeimodel is in een grafische gebruikersinterface opgeleverd aan de sector, zodanig dat telers en adviseurs er mee uit de voeten kunnen. Het model zelf bestaat uit rekenregels die de verbanden weergeven tussen klimaatfactoren en groei. De grafische gebruikersinterface dient om het model gebruiksvriendelijk te maken. In dit computerprogramma kunnen klimaatfactoren gevarieerd worden. Het achterliggende model berekent dan de groei aan de hand van het gekozen klimaat en laat deze verbanden zien in grafieken.

2 Metingen ten behoeve van het model

Om het model te voeden met de juiste invoer en om het modelresultaat te testen zijn metingen aan klimaat, fotosynthese en ademhaling, groei en productie verricht. De metingen zijn uitgevoerd bij praktijkbedrijf Van Dijk te Naaldwijk. De uitkomst van de metingen wordt in Hoofdstuk 4 vermeld in combinatie met de modeluitkomsten.

2.1 Klimaatmetingen

2.1.1 Gebruikte apparatuur

De klimaatgegevens op het praktijkbedrijf zijn verzameld via I4all-meetopstelling (Figuur 1.). De vijf teelten die gevolgd zijn hadden ieder een eigen meetopstelling. Iedere opstelling bestond uit sensoren voor PAR, CO₂, RV, kasttemperatuur, planttemperatuur en een W.E.T.-sensor voor bodemtemperatuur, vochtgehalte bodem en EC. De data van deze sensoren werden gecommuniceerd via Let's Grow. Voor data van het buitenklimaat is gebruik gemaakt van de klimaatcomputer van de teler.



Figuur 1. I4all meetopstelling in de kas.

2.1.2 Meetperioden

Om de invloed van de verschillende seizoenen in het model te kunnen verwerken, zijn jaarrond metingen uitgevoerd. Zo zijn vijf teelten die elkaar deels overlappen van cultivar Ambassador gevolgd. De gerealiseerde plantdata en meetdata zijn weergegeven in Tabel 1. De eerste teelt is 23 juli 2009 geplant en de vijfde teelt is 24 maart 2010 geplant. Naast deze teelten is voor het model tevens gebruik gemaakt van de vier datasets met aanvullende metingen van de Aircokasproef van 2008 (Labrie, 2009). Dit betreft plantingen van 14 mei 2008 tot 10 oktober 2008 van cultivars Ambassador en Blue Moon van praktijkbedrijf Hofland te Maasdijk en praktijkbedrijf Van Velden te 's Gravenzande.

Tabel 1. Plantdata en oogstdata van de vijf gevolgde teelten.

Teelt	Plantdatum	Start oogst	Einde teelt
Ambassador I	23-jul-09	18-nov-09	11-feb-10
Ambassador II	13-aug-09	25-jan-10	9-mrt-10
Ambassador III	28-okt-09	9-mrt-10	3-mei-10
Ambassador IV	27-jan-10	30-apr-10	14-jun-10
Ambassador V	24-mrt-10	7-jul-10	17-aug-10

2.2 Gewasgroei en bloemproductie

De groei van Freesia is op twee wijzen gevolgd: 1) door in 5 ontwikkelingsstadia steeds 10 planten tijdens de groei te rooien en een aantal specifieke metingen uit te voeren en 2) door de geproduceerde bossen met hun gewichten te registreren.

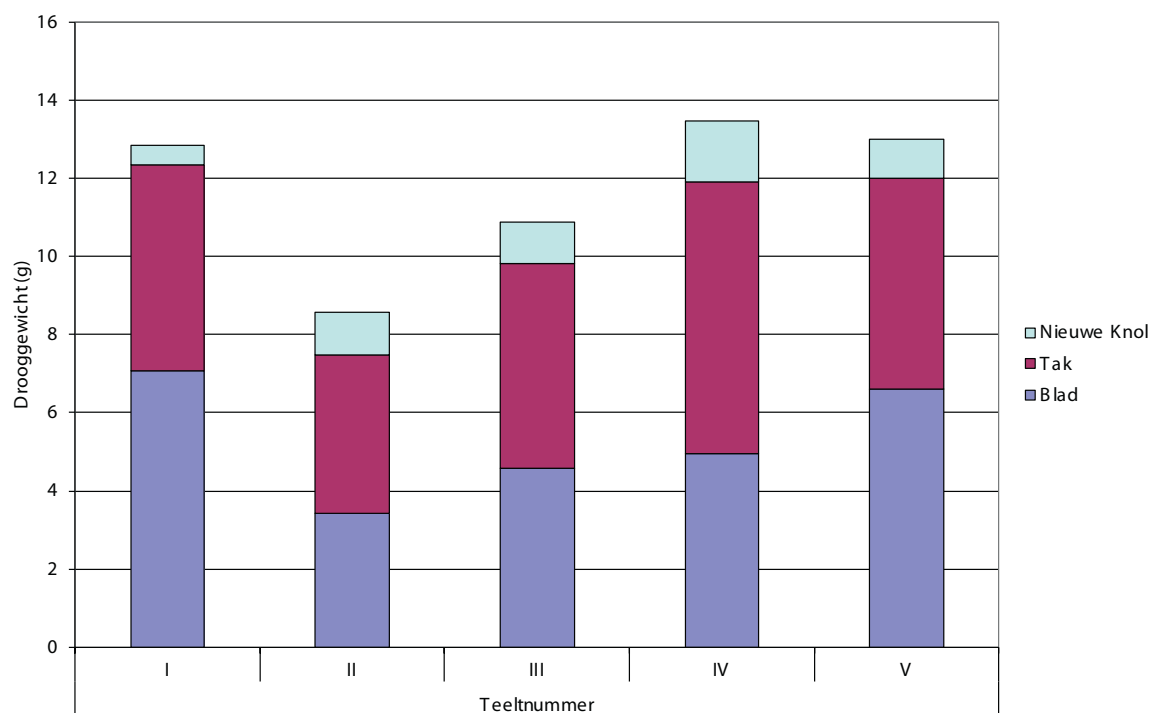
2.2.1 Groei van de plant

In verschillende ontwikkelingsstadia gedurende de teelt zijn de volgende metingen verricht:

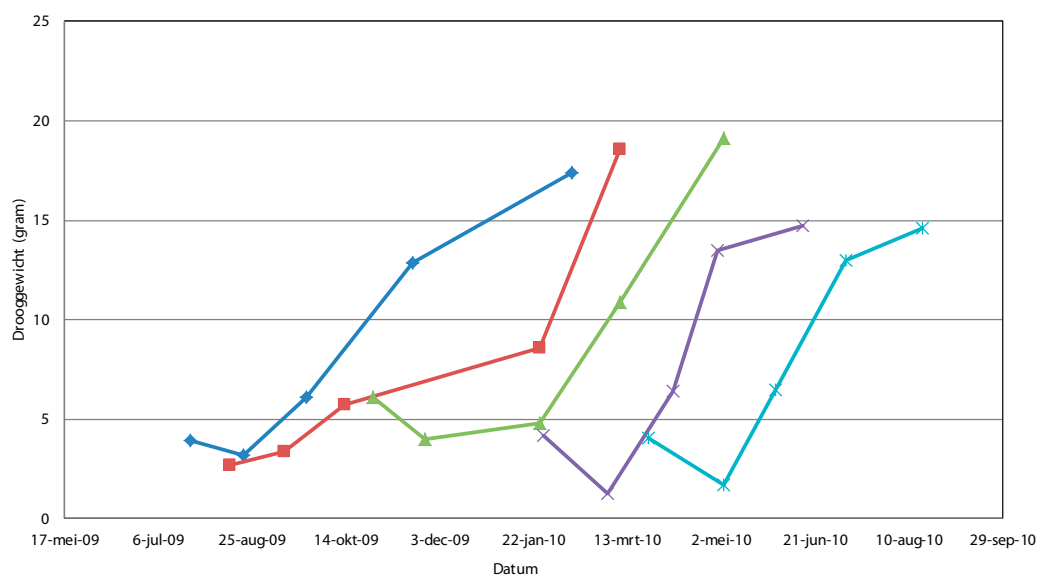
- knol: droog- en versgewicht oude en nieuwe knol, (knolgrootte op plantdatum)
- blad: aantal, droog- en versgewicht, bladoppervlak en bladlengte
- tak: knophoogte, droog- en versgewicht. Aantal haken.

De verschillende ontwikkelingsstadia zijn: plantdatum, 4 weken (knopaanleg begint), 9 weken (knop komt boven de grond) en bij aanvang van de oogst en het einde van de teelt. Bij het begin van de productie is de plant inclusief de te oogsten takken gemeten. Bij het einde van de productie is de plant exclusief de geoogste takken gemeten. De geoogste takken zijn apart geregistreerd. De plantdichtheid bedroeg 60 knollen per bruto m².

Voor de opzet van het groeimodel zijn alleen de gegevens van de totale groei en productie gebruikt. De uitgebreide gegevens van de verschillende onderdelen van de plant zijn wel alvast gemeten, zodat deze alvast beschikbaar zijn als het groeimodel later uitgebreid zou worden met de assimilatenverdeling. In Figuur 2. is per teelt het gewicht van de verschillende plantendelen weergegeven bij aanvang van de oogst. Hier is te zien dat teelt II, de augustusplanting, duidelijk het laagste totaalgewicht heeft bij aanvang van de oogst. Dit wordt vooral veroorzaakt door het lage gewicht van het blad. Teelt I, de juli-planting, heeft meer blad. De ontwikkeling van de nieuwe knol is het hoogst in teelt IV, de januari-planting. In Figuur 3. is per teelt de ontwikkeling van het plantgewicht over de tijd weergegeven. Iedere lijn start met het gewicht van de knol op moment van planten. Het gewicht van deze knol neemt af tijdens de teelt, waardoor het totaal drooggewicht in het begin vaak afneemt. Bij de tweede meting was bij teelt IV en V de oude knol nauwelijks meer terug te vinden. Ondanks het lage drooggewicht bij aanvang van de oogst bij teelt II (augustus-planting) en III (oktober-planting), is aan het einde van de oogst het totale drooggewicht inclusief de productie bij deze teelten juist het hoogst. Bij deze teelten vindt tijdens de productieperiode nog veel groei plaats.



Figuur 2. Drooggewicht per plant van de nieuwe knol, tak en blad van Ambassador teelt I t/m V op het moment van aanvang van de oogst van betreffende teelt. $n=10$.

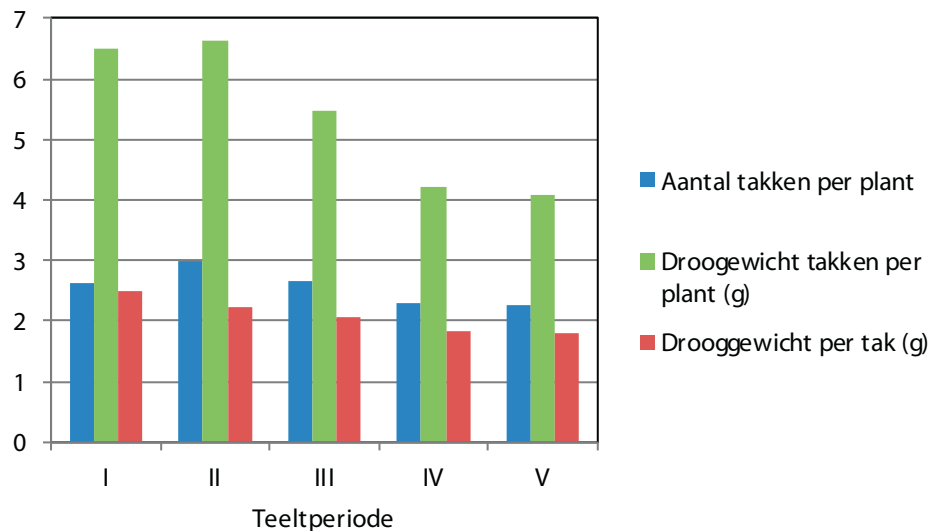


Figuur 3. Ontwikkeling van het drooggewicht per plant, weergegeven per teelt vanaf plantdatum (gewicht geplante knol) tot en met het einde van de teelt (gewicht blad+tak+nieuwe knol+ geoogste takken).

2.2.2 Bloemproductie

Van de productie is wekelijks het aantal bossen en het versgewicht geregistreerd door de teler zelf. Van deze productie is per teelt van 10 hoofdtakken en 10 haken het versgewicht per tak, drooggewicht en taklengte geregistreerd.

De totale productie per teelt is weergegeven in Figuur 4. Teelt II (augustus planting) had de hoogste productie in zowel gemiddeld aantal takken per plant als het gemiddelde drooggewicht van de takken per plant. In teelt I (juli-planting) waren de takken gemiddeld het zwaarst en in teelt IV (januari-planting) en V (maart-planting) het minst zwaar.



Figuur 4. Takproductie per teeltperiode.

2.3 Fotosynthese

De fotosynthese van het blad vormt de basis voor de groei. Deze fotosynthese kan alleen op bladniveau worden bepaald met speciale apparatuur. In twee seizoenen is voor een reeks licht- en CO₂-niveaus de fotosynthese bepaald. De methode wordt hieronder beschreven. De uitkomsten alsmede de modelberekeningen van de fotosynthese komen aan de orde in Hoofdstuk 4.

2.3.1 Gebruikte fotosyntheseapparatuur

De bladfotosynthese is gemeten met een LI-6400 (LI-COR, USA) draagbare fotosynthesemeter (Figuur 5.). Hiervoor wordt een jong, volgroeid blad in de bladkamer geplaatst (op ca. $\frac{2}{3}$ van de bladlengte vanaf de grond). In deze bladkamer worden de niveaus van PAR, (zuivere) CO₂, temperatuur en relatieve vochtigheid nauwkeurig gestuurd. Met behulp van de LI-6400 (LI-COR, USA) kan de CO₂ fixatie door fotosynthese van het blad gemeten worden bij gegeven omstandigheden. Hierbij wordt de netto CO₂ opname door het blad bepaald. Als de respiratie (= negatief getal) van deze meting afgetrokken wordt, geeft dat de bruto fotosynthese. Ook de huidmondjesweerstand wordt geregistreerd.



Figuur 5. Licor Li-6400XT fotosynthesemeter (links) en close-up van de bladkamer (rechts).

2.3.2 Meetprotocol

Gedurende een jaar zijn in alle vier de seizoenen fotosynthesemetingen uitgevoerd. Hierbij is gemeten bij een range van verschillende lichtniveaus en bij een range van verschillende CO₂-niveau's. Een range bestond uit minimaal zeven meetpunten van 0 tot boven het verzadigende niveau. De andere klimaatfactoren zijn tijdens het meten van deze range constant gehouden op een zo optimaal mogelijk niveau, zodat deze niet limiterend zijn. Iedere range is voor minimaal drie verschillende bladeren gemeten. De verzadigende niveaus verschilden per seizoen (Tabel 1.) en werden aan het begin van de meetdag(en) bepaald. Voor de vpd (=vapour pressure deficit) is steeds $0,9 \pm 0,1$ gehanteerd. Een range in temperatuur is alleen in april uitgevoerd, omdat het verschil met de kasttemperatuur anders te groot was om een betrouwbare meting uit te voeren. Dit in verband met condensvorming in de bladkamer. Deze range is uitgevoerd van 13 tot 27 °C waarbij de bladtemperatuur 18 tot 26 °C was.

Tabel 2. Klimaatinstellingen bladkamer van de fotosynthesemetingen per seizoen.

Meetdatum	PAR ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	PAR ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) range	CO ₂ (ppm)	CO ₂ (ppm) range	Bladtemperatuur (°C)
12-jan-10	900	0-1200	800	0-1500	12
5-feb-10	900	0-1200	800	0-1500	14
14-apr-10	2200	0-3000	800	0-1500	18
6-aug-10	1500	0-2000	800	0-1500	24

3 Modelontwikkeling: gebruikte rekenregels

Een rekenmodel is altijd een vereenvoudiging van de werkelijkheid. De kracht van een model is dat het iets kan voorspellen op basis van ingevoerde getallen. Voor plantengroei zijn er al tientallen jaren modellen die op basis van licht, temperatuur, CO₂ en luchtvochtigheid een voorspelling van de drogestofproductie kunnen doen. Meer geavanceerde modellen kunnen ook ontwikkeling van de diverse plantorganen voorspellen, en bijvoorbeeld ook de water- en nutriëntenopname door de plant. Bovengenoemd model voor drogestofproductie is nu voor freesia ontwikkeld. Voor dit model worden hieronder kort de gebruikte rekenregels gerapporteerd. De rekenresultaten en de modelversie zoals te gebruiken door de teler komen in respectievelijk hoofdstuk 4 en 5 aan bod.

3.1 Fotosynthese

Fotosynthese is het proces waarin het blad suikers produceert met behulp van licht, water en CO₂ (kooldioxide). Het licht met golflengte van 400 tot 700 nm, de zogenaamde fotosynthetisch actieve straling (PAR), wordt hiervoor benut. In het Freesiamodel wordt de fotosynthese sterk bevorderd bij verhoging van licht- en CO₂ –niveau maar dit effect neemt geleidelijk af tot er een zeker maximum bereikt is. Dit maximum voor licht- en CO₂ is bepaald m.b.v. de fotosynthesemetingen. De rekenregels van het fotosynthesemodel zijn ontleend aan Farquhar et al. (1980) en Gijzen (1994). De donkerademhaling wordt van de bruto fotosynthese afgetrokken om tot netto fotosynthese t.b.v. de groei te komen. Alle bovengenoemde processen zijn ook temperatuurafhankelijk. De parameters voor die afhankelijkheid zijn gelijk aan die in Farquhar et al. (1980). Net als die onderzoekers gaan we er van uit dat de plant beneden de 5 °C (basistemperatuur) niet meer actief is, en dat alle formules uitgedrukt worden t.o.v. een referentietemperatuur van 25 °C.

Het lichtniveau per blaadje wordt minder naarmate het blad zich dieper in het gewas bevindt. Deze lichtafname wordt goed beschreven met de wet van Lambert-Beer. Deze wet is gebruikt, waarbij op 3 gewasniveaus (hoog, midden en laag in het gewas) de lichtabsorptie en fotosynthese apart werd berekend. De lichtabsorptie is daarbij gelijk aan het opvallende licht na aftrek van 5% gereflecteerd licht. Voor de lichtuitdoving werd een extinctie coëfficiënt van 0.6 gebruikt, welke globaal geldt voor grasachtige vegetaties. Het model gaat nu uit van 100% diffuus licht, maar kan in theorie wel rekening houden met direct licht. Reden voor de keuze voor diffuus licht is dat de fractie direct licht door wisselende bewolkingsgraad erg varieert gedurende de teelt en dus niet eenduidig in het model verwerkt kan worden.

3.2 Groei en ademhaling

Een deel van de suikers die door middel van de fotosynthese wordt geproduceerd, is nodig voor onderhoudsademhaling. Deze suikers kunnen dus niet worden gebruikt voor groei. Het model houdt hier rekening mee. De door de fotosynthese geproduceerde hoeveelheid suikers wordt per rekenstap (1 uur) verminderd met de suikers nodig voor ademhaling. Bij hogere temperatuur en een grotere biomassa is er meer ademhaling. De ademhaling is 2% van de biomassa, op dagbasis bij een referentietemperatuur van 20 °C. Voor alle overige temperaturen berekent het model de ademhaling met een algemeen gebruikte correctiefactor (de Q₁₀, met waarde 2). De suikers die dan overblijven worden allen gestopt in drogestofproductie.

3.3 Knoldynamiek en de oogst van takken

In het model is bij aanvang van de teelt de knol van belang als bron van suikers voor de groei. Door afbraak neemt de knol per uur met 0.6% van zijn drooggewicht af. Deze waarde is bepaald aan de hand van de geoogste meetplanten. De knol levert in de loop van de teelt dus steeds minder assimilaten omdat hij kleiner wordt en uiteindelijk verdwijnt. De ontwikkeling van de nieuwe knol kost juist assimilaten. In het model is het nieuw ontstane plantgewicht inclusief het gewicht van de nieuwe knol, omdat hier ook assimilaten heen gaan. De nieuwe knol wordt in het model nog niet apart gesimuleerd.

Het model simuleert de totale groei van de plant. De takken en haken worden ook nog niet apart gesimuleerd. Het gaat hier namelijk om een model voor drogestofproductie, en voor berekening van zo'n drogestofverdeling naar takken, haken en knol is een extra model voor plantontwikkeling nodig en valt niet binnen dit basismodel.

Wel is de oogst gemodelleerd, want de verwijdering van takken geeft een lagere plantbelasting. In modeltermen betekent dit dat de plant minder gewasdelen moet voorzien van assimilaten voor groei, onderhoud en ademhaling. De oogst is berekend als een vaste fractie van de plantbiomassa die per tijdstap van de plant verwijderd wordt. De oogst begint pas na een bepaalde temperatuursom. In modellen voor plantontwikkeling wordt per definitie een temperatuursom gebruikt om een fase of stadium in de ontwikkeling te voorspellen.

De LAI is gefit naar het gemeten bladoppervlak in een S-curve. Alleen in de oogstperiode wordt het bladoppervlak door het model iets overschat. Mogelijk door enkele bladeren die meegeoogst worden, maar van de geoogste tak afvallen. In principe geldt hoe groter het bladoppervlak hoe meer licht wordt opgevangen, en licht is groei. Zodra er meer dan 3 m² bladoppervlak per m² grondoppervlak is (Leaf Area Index = 3), wordt er bij extra blad oppervlak echter nauwelijks meer licht opgevangen en dit draagt niets meer bij aan extra fotosynthese en groei.

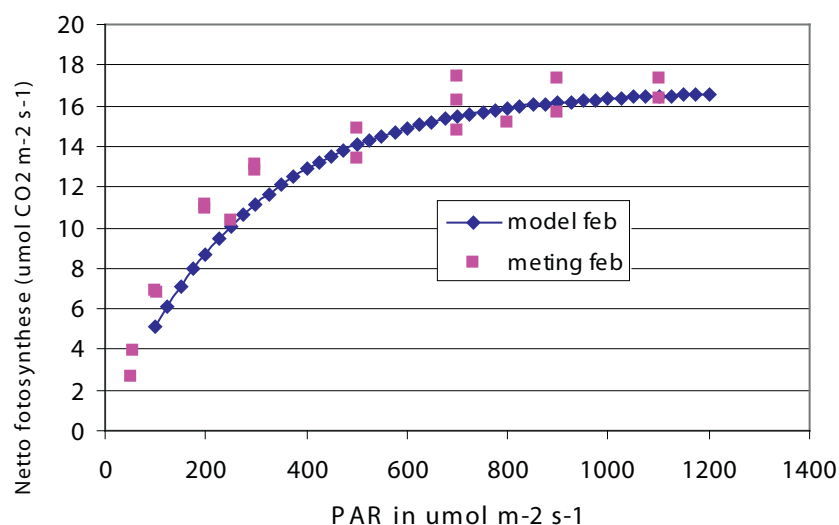
4 Rekenresultaten groeimodel

Om het waarheidsgetrouwe karakter van het groeimodel te testen zijn al de verrichte metingen nagerekend met het groeimodel. Dit geldt zowel voor de fotosynthese op bladniveau (§4.1) als gewasgroei in de kas (§4.2).

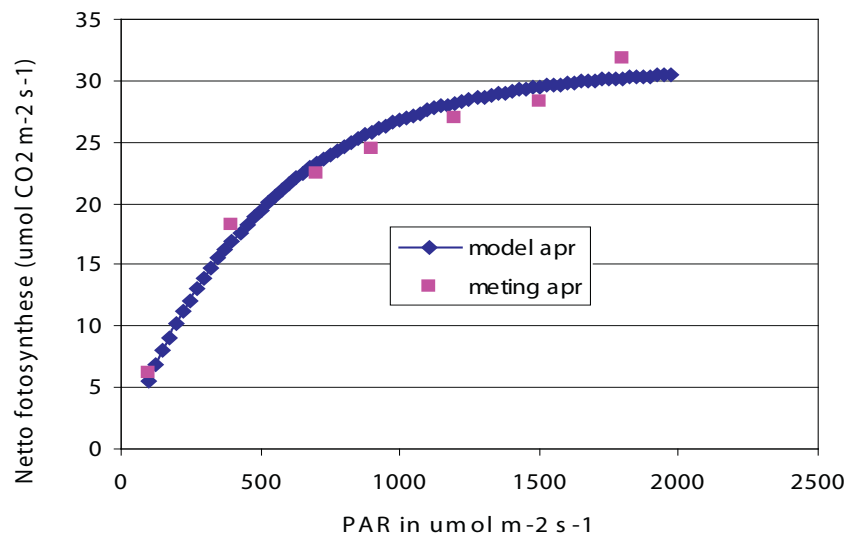
Verder zijn er plantkenmerken die per seizoen verschillen (o.a. maximale fotosynthesecapaciteit, duur van de teelt), welke in een aparte paragraaf aan bod komen (§4.3).

4.1 Fotosynthese

De fotosynthesemetingen gaven duidelijke lichtverzadiging aan, met een groot verschil tussen winter en voorjaar/zomer (Figuur 6. en Figuur 7.). In februari ligt de verzadiging ongeveer bij een lichtniveau van $900 \mu\text{mol PAR m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ met een fotosynthese van ca. $16 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. In april is dit bij $1500 \mu\text{mol PAR m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ met $30 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Dit is de hoeveelheid PAR op gewasniveau (uitgedrukt in globale straling buiten de kas met een lichttransmissie van 70% is dit respectievelijk ca. 630 W/m^2 en 1050 W/m^2). Dit verschil in lichtverzadiging tussen de seizoenen is in het model verwerkt door aanpassing van de lichtverzadigingsparameter in het fotosynthesemodel. De helling van de lichtresponscurve is niet verschillend tussen de seizoenen, hetgeen geheel klopt met de theorie maar in de praktijk wordt soms onterecht en door een verkeerd meetprotocol een verschil gemeten. De helling (α in het Farquhar-model) is namelijk een indicator voor de lichtbenuttingsefficiëntie en die is bij gelijke hoeveelheden chlorofyl per cm^2 blad meestal hetzelfde.

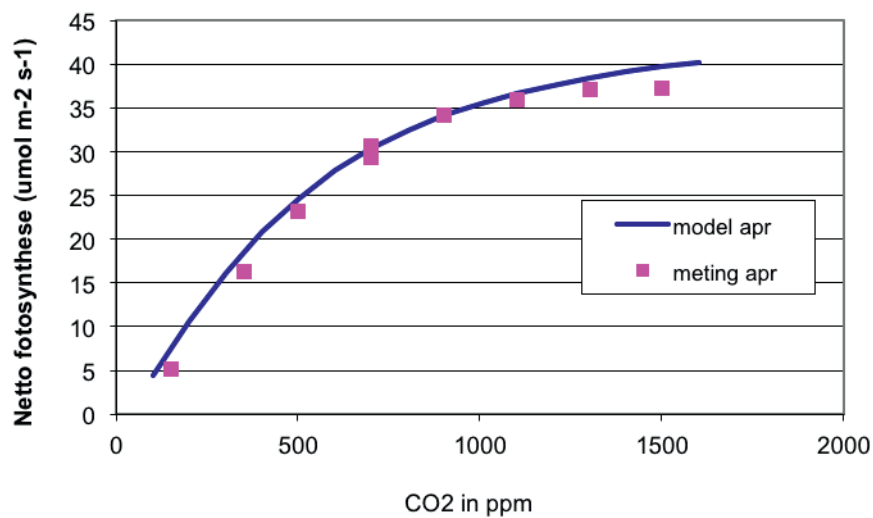


Figuur 6. Effect van lichtniveau op de netto fotosynthese (meting 5 februari 2010).



Figuur 7. Effect van lichtniveau op de netto fotosynthese (meting 14 april 2010).

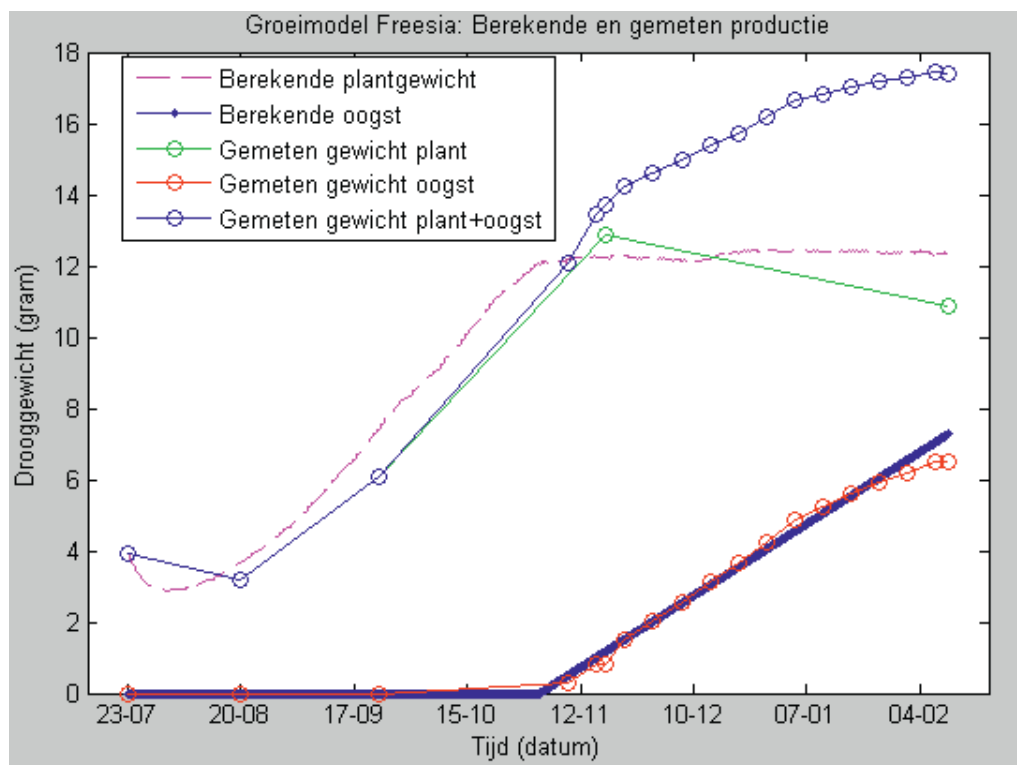
De respons op CO_2 is ook in het model verwerkt door de weerstand van de huidmondjes en de bladcellen hierop aan te passen. Het blad is pas bij vrij hoge CO_2 -niveaus verzadigd. Bij verzadigd lichtniveau geeft extra CO_2 tot ca. 700 ppm de meeste extra fotosynthese (Figuur 8.).



Figuur 8. Effect van CO_2 niveau op de netto fotosynthese (meting 14 april 2010).

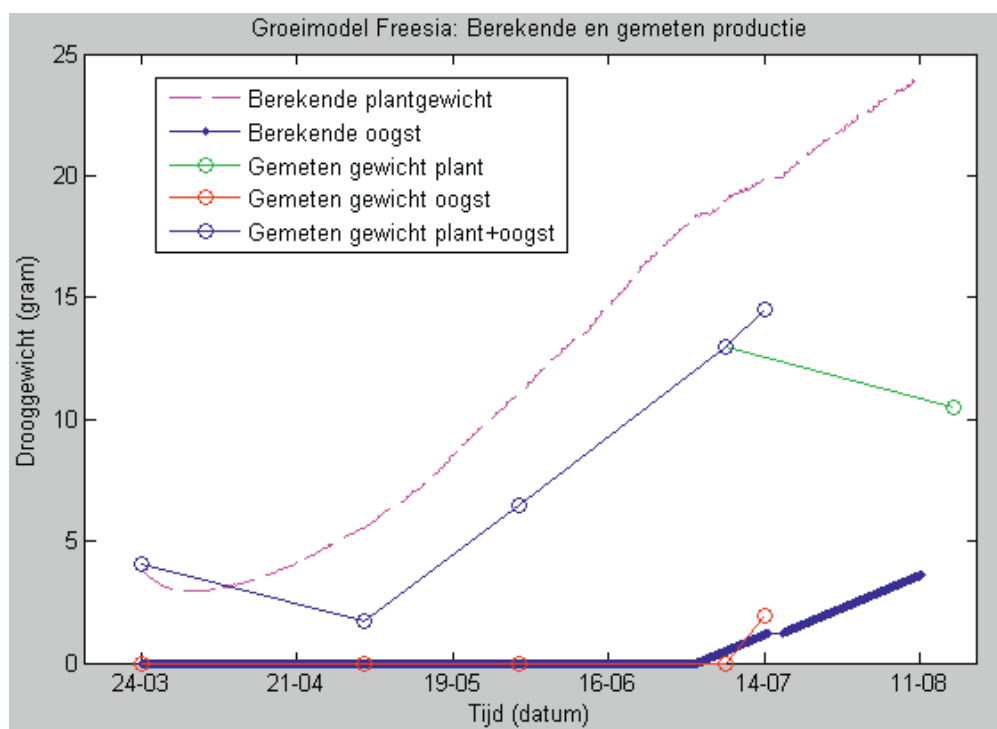
4.2 Groei en productie van enkele teelten

Alle vijf teelten zijn met afdoende nauwkeurigheid nagerekend met het groeimodel. Voor alle teelten zijn metingen en modeluitkomsten weergegeven, maar wij gaan hier wat dieper in op teelten I en V.



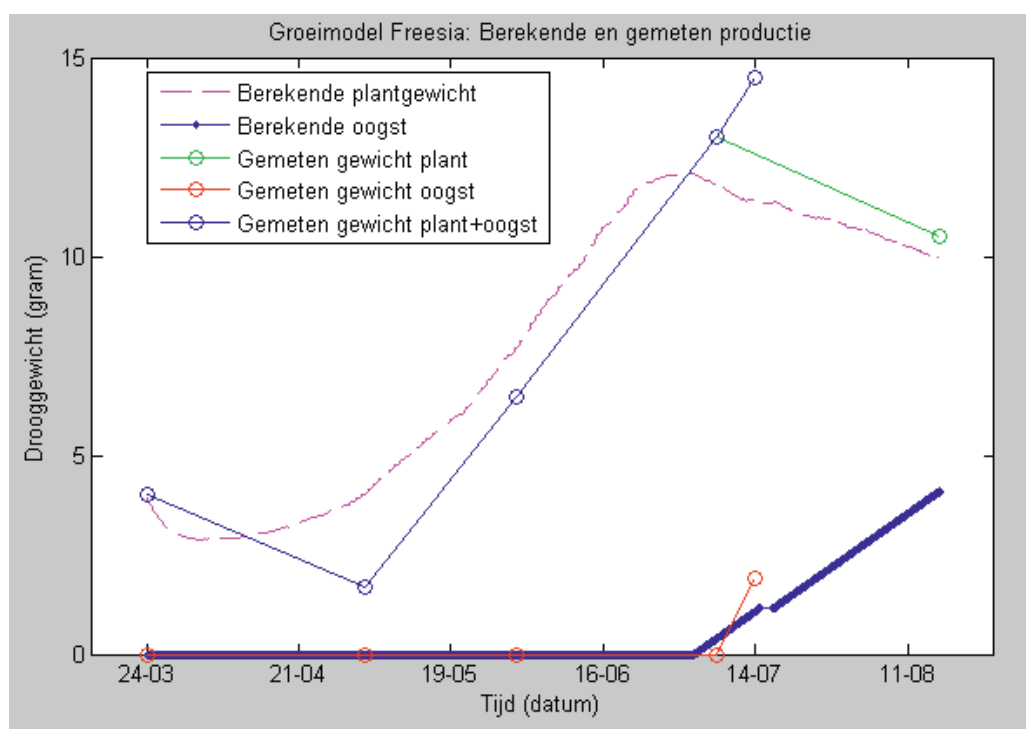
Figuur 9. De berekende en gemeten productie van teelt I (juli-planting).

In tegenstelling tot teelt I (Figuur 9.) t/m IV laat de berekening van teelt V (maart-planting) zien dat het model zonder RV-effect de metingen niet goed kan narekenen, het model overschat het plantgewicht in de loop van de teelt aanzienlijk (Figuur 10.).



Figuur 10. De berekende en gemeten productie van teelt V (juli-planting) zonder meerekenen van het RV-effect.

Als nu het RV-effect op de huidmondjesweerstand wordt geactiveerd, wordt het modelresultaat veel realistischer. Na enige rekenslagen met aanpassing van de huidmondjesweerstand kwamen meting en model redelijk overeen (Figuur 11.). Het aangepaste model is nogmaals gebruikt voor alle teelten, en de modeluitkomsten van teelten IV en V werden in positieve zin beter terwijl de andere teelten ongewijzigd bleven. Dit komt overeen met de verwachting, gezien het feit dat de RV alleen in teelten IV en V vrij laag (<70%) was.

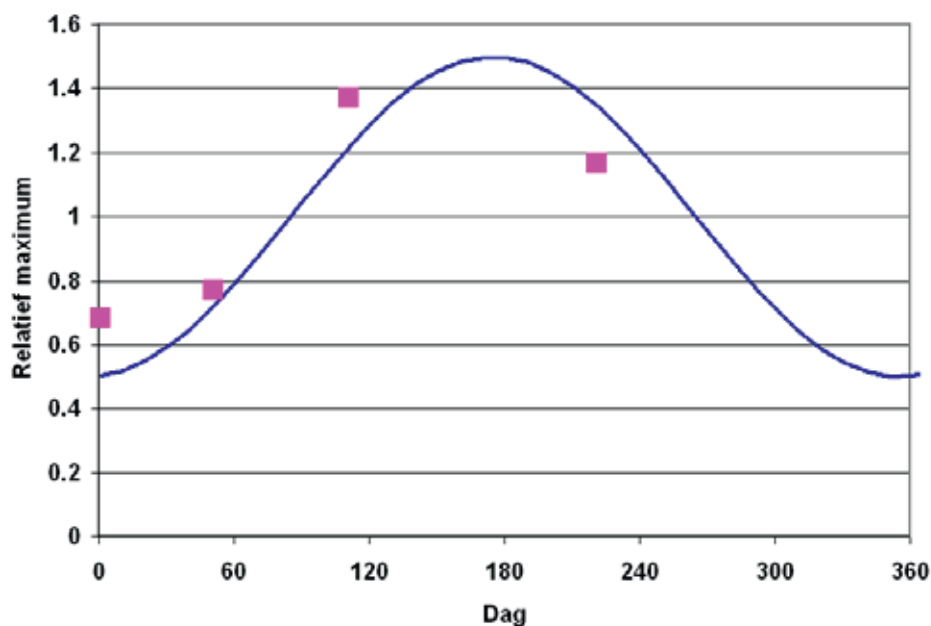


Figuur 11. De berekende en gemeten productie van teelt V (juli-planting) met meerekenen van het RV-effect.

4.3 Seizoenseffect op fotosynthese, LAI-ontwikkeling en teelt-duur

4.3.1 Fotosynthese

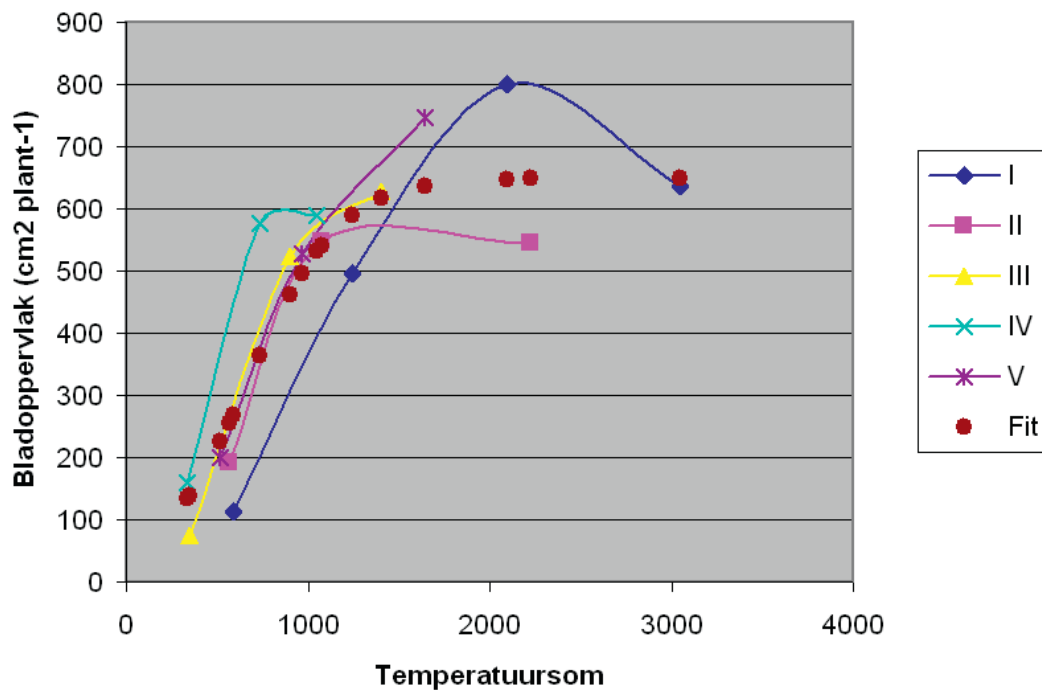
Op basis van de metingen in januari, februari, mei en september is het verloop van de maximale fotosynthese geschat (Figuur 12.). Het maximum situeert zich naar schatting in het midden van jaar, rond 1 juli. Dit seizoensverloop is, zoals vaak gebruikelijk, als een standaard sinusgolf goed weer te geven. Deze sinusfunctie is in het model verwerkt.



Figuur 12. Het verloop van de maximale fotosynthese gedurende het jaar.

4.3.2 LAI

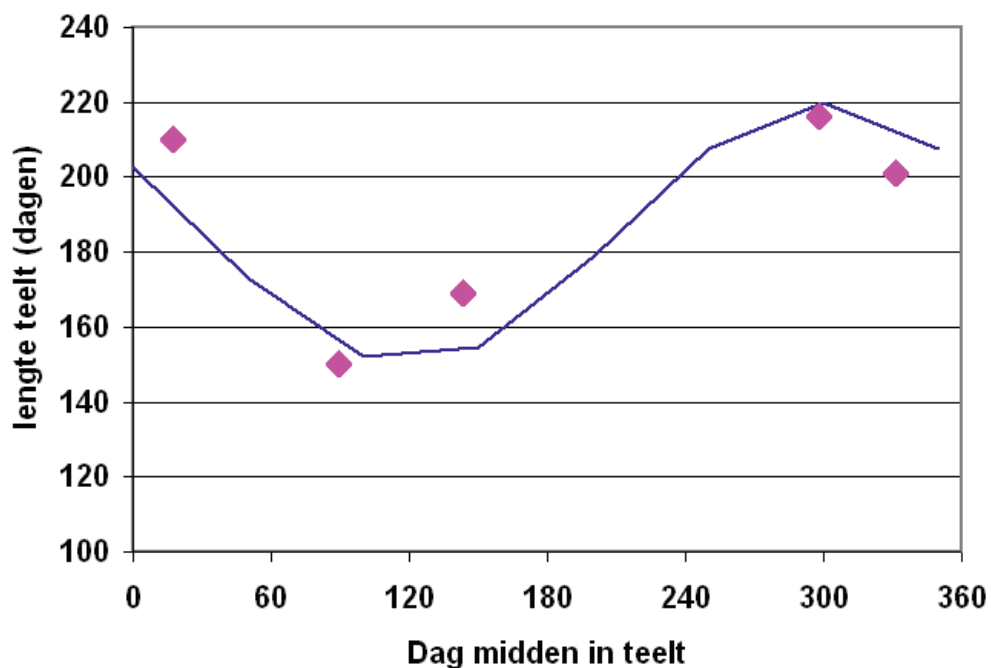
De LAI (Leaf Area Index, dit is m^2 blad per m^2 bodemoppervlak) ontwikkelt zich sneller bij warm weer. Als men de LAI-toename dan uitzet tegen de tijd ontstaat een vertekend beeld. Als de LAI-toename wordt uitgezet tegen de temperatuursom, berekend uit de bladtemperatuurdata, is de relatie voor de onderzochte teelten redelijk vergelijkbaar in de periode van grootste toename (Figuur 13.). Het uiteindelijke, maximale bladoppervlak per plant (en dus van de LAI want plantdichtheid was steeds 60 planten per m^2) verschilt echter nog aanzienlijk tussen de vijf teelten. T.b.v. de benodigde modelinvoer hebben we het gemiddelde van het maximale bladoppervlak, 650 cm^2 per plant, in het model gebruikt.



Figuur 13. Bladoppervlak van teelt I t/m V en het gemiddelde over de teelten (fit) uitgezet tegen de temperatuursom.

4.3.3 Teeltduur

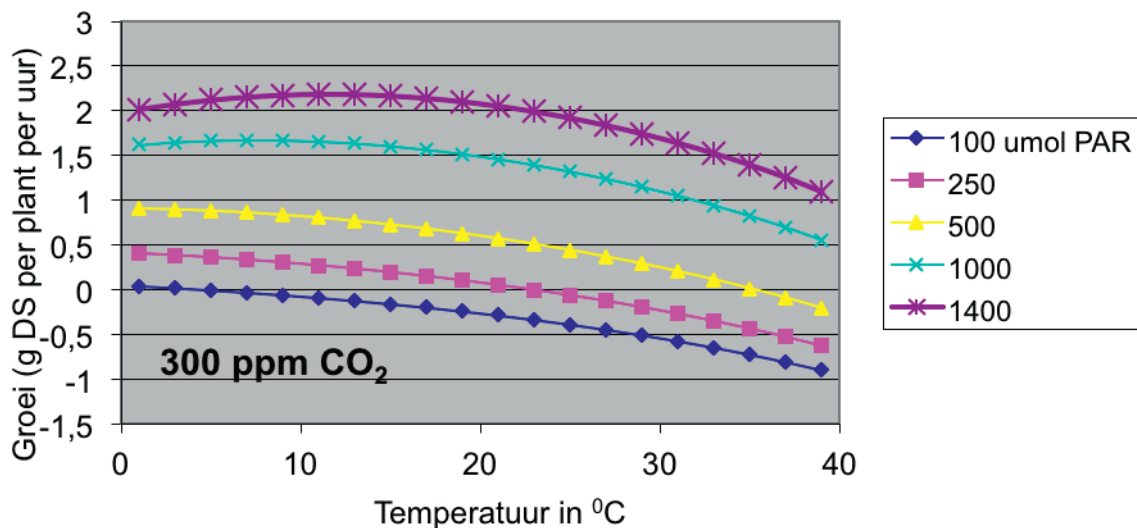
Als de teler in het programma een bepaalde simulatieweek kiest, moet het programma hieruit afleiden hoe lang zo'n teelt gemiddeld is. Eigenlijk gaat het om een inschatting van de gewichts- en bladoppervlaktoename en om de startdatum en vermoedelijke einddatum van zo'n teelt. In Figuur 14. is te zien welke relatie tussen dagnummer en teeltlengte is gebruikt. Naar wens kunnen startweek (week van planten) en simulatieweek in de interface weer gewijzigd worden.



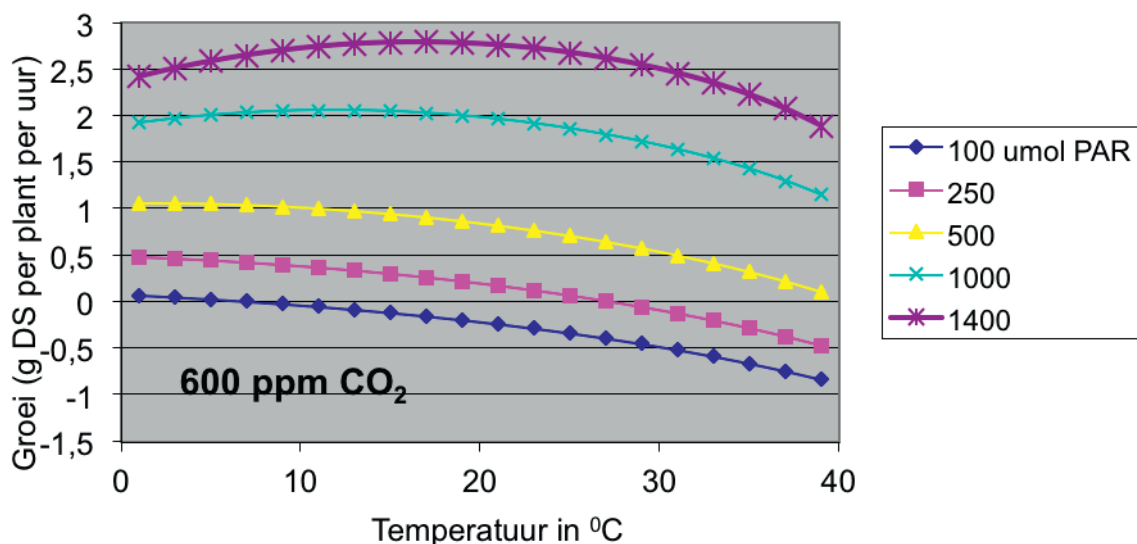
Figuur 14. Verloop van de teeltduur gedurende het jaar doormiddel van een gefitte lijn door de lengte van teelt I t/m V uitgezet tegen de dag midden in de teelt.

4.4 Effecten op plantgroei van licht, temperatuur en CO₂

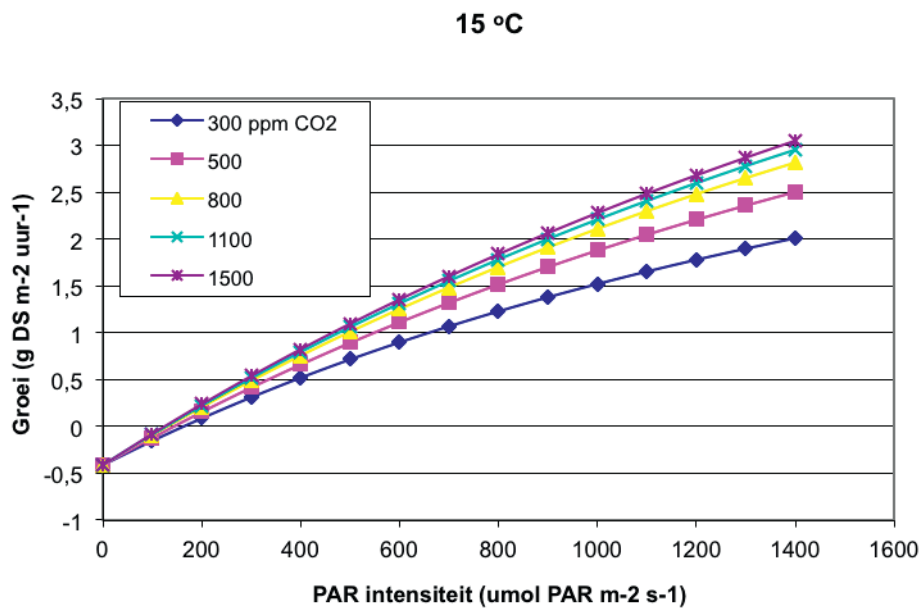
De fotosynthese en dus de plantengroei wordt allereerst sterk bevorderd door toename van lichtniveau. Ook is deze reactie voor temperatuur- en CO₂-toename berekend met het geijkte model. Verhoogde temperaturen blijken bij freesia tot ca. 18 °C op plantniveau de groei te bevorderen, daarboven wordt afhankelijk van het licht- en CO₂-niveau de groei weer lager. Bij laag licht- en/of CO₂ niveau is het negatieve effect al eerder zichtbaar (Figuur 15. en Figuur 16.). Dit wordt veroorzaakt door verhoogde onderhoudsademhaling, ook wel respiratie genoemd. In Figuur 17. en Figuur 18. is te zien dat er meer groei is bij 15 °C dan bij 25 °C, met name bij de lage licht- en CO₂ niveaus.



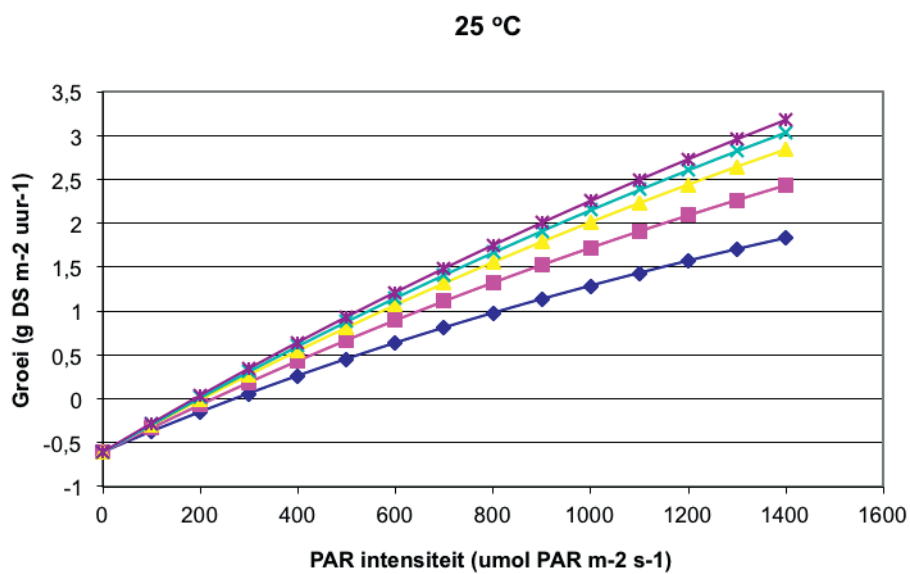
Figuur 15. Effect van temperatuur bij verschillende lichtniveau's (PAR in umol per m² per uur) op drogestofgroei van een freesiaplant bij 300 ppm CO₂.



Figuur 16. Effect van temperatuur bij verschillende lichtniveau's (PAR in umol per m² per uur) op drogestofgroei van een freesiaplant bij 600 ppm CO₂.



Figuur 17. Effect van PAR lichtniveau op drogestofgroei bij verschillende CO₂ niveaus bij 15 °C.



Figuur 18. Effect van PAR lichtniveau op drogestofgroei bij verschillende CO₂ niveaus bij 25 °C (legenda zie Figuur 17.).

5 Interface voor praktijkgebruik

Een rekenmodel voor telers moet eenvoudig en intuïtief te gebruiken zijn, aangezien de meeste telers geen computer-deskundigen zijn. Daarom is er standaard bij het eerste gebruik van het model al een zinnige invoer en uitvoer aanwezig, zonder dat de teler daar wat voor hoeft te doen. Verder bevat de interface van het model niet teveel knoppen en grafieken. Dat zou te veel afleiden.

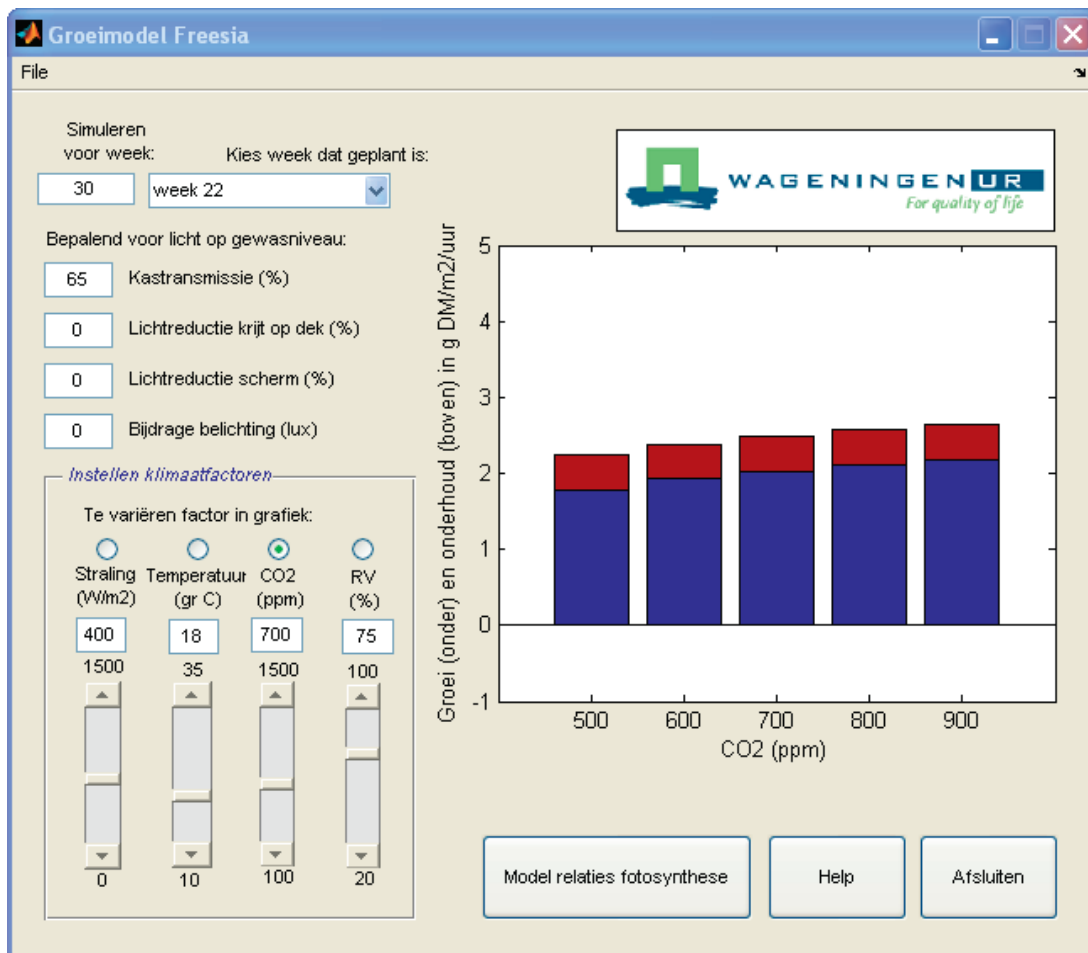
In overleg met de denktank Freesia is een eenvoudige interface ontwikkeld, die toch de juiste basisinformatie levert. Hieronder worden de diverse onderdelen toegelicht. Als de teler het model ontvangt (via download of CD) is er een handleiding bijgevoegd. Deze staat tevens in de bijlage van dit rapport.

5.1 Keuze van startweek en simulatieweek

Uitgangspunt voor de interface is geweest dat de teler voor een actuele situatie een berekening kan doen. Gedachte hierachter is dat als de teler voor een beslissing staat bij het instellen van het klimaat hij door het model inzicht krijgt in de effecten van die maatregel voor dat moment. Dit betekent dat de gekozen simulatieweek zal wijzigen gedurende het jaar. Daarom is de startweek (=week van planten) per teelt ook in de interface te wijzigen. Bij opstarten van het programma wordt automatisch een simulatieweek gekozen, die nadien nog te veranderen is. In Figuur 19. is het venster van de interface te zien, met bovenin de invulvelden voor startweek (week dat geplant is) en simulatieweek.

5.2 Klimaatomstandigheden variëren

Het model berekent de mogelijke groei in een bepaalde situatie. De teler kan zelf de klimaatomstandigheden van een situatie invullen en variëren. Vervolgens kan hij in de grafiek zien welk effect dit heeft op de groei. Er is voor gekozen de klimaatfactoren te kunnen variëren met behulp van schuifjes. Het gebruik van schuifjes (sliders) om de klimaatfactoren licht, temperatuur, CO₂ en RV te variëren bleek na overleg met de denktank het meest duidelijk. Daarnaast is de waarde in een vakje boven het schuifje in cijfers weergegeven. Tijdens de workshop gebruikte enkele telers de schuifjes niet, maar vulde de waarde direct in deze hokjes in.



Figuur 19. De interface van het Freesia groeimodel. De resultaten in de staafjesgrafiek worden meteen opnieuw berekend nadat de gebruiker een waarde voor week van simulatie of planting of voor licht, temperatuur, CO₂ of RV heeft gewijzigd.

5.3 Aflezen van de informatie

De informatie is weergegeven in de grafiek in de interface (Figuur 19.). Dit is het scherm dat de teler op zijn computer ziet wanneer hij het model gebruikt. De teler kan zelf bepalen welke klimaatfactor hij op de horizontale as (x-as) van de grafiek wilt zien (globale straling, kasttemperatuur, CO₂ of RV). Op de verticale as staat de groei van freesia. Deze is uitgedrukt in gram droge stof per netto m², omdat hiermee de groei het meest zuiver weer te geven is. (ter indicatie: als de groei in drooggewicht wordt vermenigvuldigd met ca. 8 is dit ongeveer het versgewicht). Er zijn vijf staafjes in de grafiek zichtbaar. Het middelste van de vijf staafjes verwijst naar de klimaatinstellingen die de teler heeft ingevuld (tenzij een zeer lage of zeer hoge waarde is ingevuld). De overige staafjes geven aan wat de groei zou zijn als de klimaatfactor op de x-as hoger of lager is. De staafjes zijn opgesplitst in twee delen. Het bovenste deel (rood) is de hoeveelheid assimilaten die de plant in deze situatie nodig heeft voor onderhoud (dissimilatie). Deze assimilaten kan de plant niet meer gebruiken voor groei. Wat overblijft is de hoeveelheid assimilaten die de plant omzet in netto groei. Dit is het onderste deel (blauw) van het staafje. Dit blauwe staafje geeft dus de groei weer. De hoogte van het blauwe en rode staafje samen is de totale hoeveelheid assimilaten die de plant aanmaakt bij de opgegeven klimaatinstellingen. Door per klimaatfactor een schuifje te bewegen kan de teler snel zien wat het effect van die klimaatfactor is op de groei.

5.4 Handleiding en verdere ondersteuning

Onder de knop "Help" in de interface is uitgebreid beschreven hoe men het model moet gebruiken. In de bijlage van dit rapport is deze handleiding toegevoegd.

6 Conclusie en aanbevelingen

Een model is een goed hulpmiddel om iets te voorspellen op basis van kennis, al blijft het rekenmodel altijd een vereenvoudiging van de werkelijkheid. De waarde van het hier gerapporteerde Freesia groeimodel is dat het groei van freesia kan voorspellen op basis van licht, temperatuur, CO₂ en luchtvochtigheid en hun interactie. Dit was mogelijk door bekende fysiologische verbanden in het model te zetten en die te toetsen aan metingen. De beperking van het model is dat het de assimilatenverdeling en daarmee de ontwikkeling niet kan voorspellen.

6.1 Het model

Op bladniveau is met voldoende nauwkeurigheid de fotosynthese als functie van licht, CO₂ en temperatuur vastgesteld en in het model verwerkt. Dankzij het gebruik van algemeen geaccepteerde rekenregels voor fotosynthese bleek ook voor freesia de ijking van het model correct en zonder problemen te verlopen.

Opschalen van blad- naar gewasniveau is ook in het model verwerkt. Er is een o.a. een exponentiële uitdoving van het licht van boven naar onder in het bladpakket berekend als functie van het totale bladoppervlak (de LAI).

Op gewasniveau is ook de ademhaling (=dissimilatie) in het model verwerkt, op basis van bestaande kennis.

Een betrekkelijk nieuwe modeltoevoeging is het effect van luchtvochtigheid op de huidmondjesweerstand, en daarmee op de bladverdamping en de CO₂-fixatie, onderdeel van de fotosynthese.

Het model is gemakkelijk in gebruik zodat telers en adviseurs snel inzicht kunnen verkrijgen in de invloed van klimaatfactoren op de drogestofproductie van freesia. Hoewel zo'n drogestofproductieschatting niet hetzelfde is als de productie van takken en haken geeft het wel een goed beeld of de meest optimale mix van klimaatcondities voor die tijd van het jaar is gebruikt.

6.2 Het interactieve proces

Bij de ontwikkeling van een groeimodel met een bruikbare interface is het belangrijk om regelmatig te evalueren met betrokken telers. Een uitleg van de mogelijkheden met concrete, visuele voorbeelden dragen bij aan het helder krijgen van de door telers gewenste output van het model. Het ontwikkelen van een bruikbare interface is een interactief proces tussen onderzoekers en telers. De workshop waarbij de telers zelf achter laptops met het freesia model konden werken, werd door de telers zeer positief ervaren. Voor gebruik in de praktijk noemen telers het model een hulpmiddel om de eigen teeltstrategie te controleren en het klimaat verder te optimaliseren in de verschillende seizoenen (Petter, 2011).

6.3 Discussie

Voor andere cultivars dan de geteste Ambassador kan de uitkomst van het model afwijken. Bij cultivar Blue Moon was de afwijking minimaal. Een afwijking zal vooral gelden voor cultivars welke een heel andere verhouding tussen bladoppervlak en plantgewicht hebben dan Ambassador. Bij veel gewicht en weinig bladoppervlak zal het model de groei waarschijnlijk overschatten. Bij weinig gewicht en veel bladoppervlak zal het model de groei waarschijnlijk onderschatten.

In het model houdt voor zover mogelijk rekening met extreme omstandigheden. Het model is daarom gebaseerd op meerdere seizoenen; data zijn verzameld van mei 2008 tot 10 oktober 2008 en van juli 2009 t/m augustus 2010. Het directe effect van extreme omstandigheden (licht en temperatuur) op de fotosynthese, is met de fotosynthesemetingen bepaald. De invloed van extreem lage RV maakt onderdeel uit van het model op basis van de gewasmetingen en de klimaatmetingen. In het algemeen geldt dat onder meer extreme omstandigheden modellen meer afwijken dan onder gemiddelde omstandigheden.

6.4 Aanbevelingen

- Om als teler zoveel mogelijk van de resultaten van dit onderzoek gebruik te kunnen maken, wordt aanbevolen om het model te downloaden van www.tuinbouw.nl. Met eventueel behulp van de handleiding kan de gebruiker na installatie de verschillende klimaatfactoren variëren en het effect daarvan op de droge stof productie van freesia zien. Contactgegevens voor vragen en suggesties staan vermeld in de handleiding (Bijlage I).
- Het aanscherpen van de teeltstrategie op basis van de opgedane kennis vanuit het model, dient langzaam en voorzichtig gedaan te worden. Een model is immers een vereenvoudiging van de werkelijkheid.
- Een verdere uitbreiding van het model met de assimilatenverdeling kan de gewenste output verder specificeren vanuit de drogestofproductie van de plant als geheel naar de productie van hoofdtakken en haken. Dit wordt in de volgende paragraaf verder toegelicht.

6.5 Vooruitblik

Voor de stap naar simulatie van bloemtakproductie is nog een modelonderdeel nodig dat de plantontwikkeling berekent. Dit kan door te berekenen hoe de drogestofproductie van de plant als geheel (van het nu ontwikkelde model) vervolgens wordt verdeeld over de verschillende onderdelen van de plant (assimilatenverdeling). Nu er een goede basis is van het groeimodel freesia met de eenvoudige interface, kan het model hiermee worden uitgebreid. De data voor deze assimilatenverdeling zijn al grotendeels beschikbaar, omdat tijdens de dataverzameling voor dit onderzoek ook meteen de gegevens van de verschillende onderdelen van de plant zijn gemeten. De uitbreiding zal de ontwikkeling van bloemtakken (hoofdtak- en haken), blad en de nieuwe knol afzonderlijk voorspellen op basis van klimaatcondities. Daarbij zal de abortie van haken een onderdeel zijn van het model. De assimilaten die in de verdeling naar de nieuwe knol gaan, gaan immers niet naar de in ontwikkeling zijnde haken.

7 Literatuur

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

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

Gijzen, H., 1994.

Ontwikkeling van een simulatiemodel voor transpiratie en wateropname en van een integraal gewasmodel. AB-DLO, rapport 18, 90 p.

Labrie, C., 2009.

Aanvullende metingen Freesia : registratie van gewasgroei en -ontwikkeling tijdens proef 'Analyse Aircokas Freesia 2008' ten behoeve van de opzet van een groeimodel. Bleiswijk, Wageningen UR Glastuinbouw.

Petter, M., 2011.

Computermodel helpt haakgroei freesia te verbeteren. Vakblad voor de Bloemisterij 16, pp. 44.-45.

Bijlage I Handleiding computerprogramma “groeimodel freesia”

Behorend bij versie 1.0, geproduceerd op 10 februari 2011 door Wageningen UR Glastuinbouw

7.5.1 Informatie vooraf

Het model is gebaseerd op meetgegevens afkomstig van een teeltbedrijf in Naaldwijk met het ras Ambassador. Het model geeft inzicht in de te verwachten groei door fotosynthese op basis van de hoeveelheid licht, CO₂ en temperatuur. Ook RV maakt onderdeel uit van het model. Het model gaat er van uit dat andere factoren zoals voeding, watergift, ziekten of plagen en de ontwikkelingssnelheid van het gewas de groei niet belemmeren.

De achterliggende gewasfysiologische relaties van het model worden beschreven in de rapportage 'Freesia Groeimodel' die vanaf april 2011 voor telers te downloaden is van de website van Productschap Tuinbouw: www.tuinbouw.nl.

7.5.2 Installatie van het computerprogramma (alleen voor eerste gebruik)

1. **Systeemvereisten:** Windows XP sp2 of sp3, Windows Vista of Windows 7, processor Pentium 4 of beter.
2. Plaats de cd-rom “Groeimodel Freesia” in de cd-rom speler van de computer of laptop. U ziet 2 mappen; Freesia groeimodel en MCR installer.
3. Ga eerst naar de map MCR installer en installeer het programma door dubbel te klikken op “MCRInstaller.exe”. Doe dit alleen de eerste keer, dit duurt enkele minuten tot een half uur (afhankelijk van de processorsnelheid van de computer).
NB Wanneer het model onder **Windows 7** wordt geïnstalleerd, dan moet het programma MCRinstaller.exe en ook de overige exe-files worden gestart in 'Compatibility mode'. Dit kan worden ingesteld door rechts klikken op de exe-file en compatibility Windows XP sp2 te kiezen, anders onderaan op properties/eigenschappen klikken, u ziet dan een tabblad compatibility waarin de instelling kan worden gemaakt. Het instellen hoeft slechts eenmalig te gebeuren.
4. Kopieer de map Freesia Groeimodel naar de harde schijf van de computer. Het model is nu geïnstalleerd. In deze map bevinden zich 2 programmafiles: “FreesiaGroe.exe” en “FreesiaMain.exe”. U kunt voor “FreesiaGroe.exe” een snelkoppeling op het bureaublad plaatsen.
5. NB stel onder **Windows 7** ook voor “FreesiaGroe.exe”: en “FreesiaMain.exe” de compatibility mode in op Windows XP sp2.
6. Bij de eerste keer draaien kan het zijn dat de firewall van uw systeem vraagt of het programma contact mag maken met Internet. Dit gebeurt omdat het model controleert of er updates klaarstaan op de webserver van Wageningen UR Glastuinbouw. Dit gebeurt om achteraf nog kleine correcties te kunnen uitvoeren. Alle bovenstaande stappen hoeven slechts éénmalig te worden uitgevoerd, de volgende keer kunt u ze overslaan.

7.5.3 Groei laten berekenen door het model

7. Kies nu de map Freesia groeimodel op de PC. U kunt het model openen door dubbel te klikken op “FreesiaGroe.exe” of de snelkoppeling te gebruiken.
8. Onderstaande gebruikersinterface verschijnt nu op uw beeldscherm.

7.5.3.1 Invullen teeltperiode

Het model houdt rekening met de periode van het jaar en met de grootte van de plant. Het model berekent dit automatisch met behulp van de gegevens die u in de volgende stappen invult.

9. Vul daarom bij 'Simuleer voor week' het weeknummer in waarvoor u de groei wilt berekenen. (Week 1 is zoals gebruikelijk ongeveer de eerste week van januari en week 52 ongeveer de laatste week van december).
10. Kies bij 'Kies week dat geplant is' het weeknummer die het dichtst in de buurt ligt van de plantweek van de teelt waar u de berekening voor wilt uitvoeren.

7.5.3.2 Invullen lichtgegevens

U vult de globale straling in, maar het model rekent met de hoeveelheid PAR-licht in de kas bij de plant. De globale straling wordt daarom automatisch omgerekend met behulp van de gegevens die u in de volgende stappen invult.

11. Vul bij 'kastransmissie' in welk percentage licht het kasdek doorlaat. Voor een nieuwe kas is dit ca. 70%, voor een oudere kas ca. 60%.
12. Vul bij 'lichtreductie scherm' in welk percentage licht het scherm tegenhoudt in de situatie die u wilt berekenen. Vul 0% in als het doek niet gesloten is. Vul bijvoorbeeld 50% (afhankelijk van doektype) in bij een open-bandjesschermband dat op dat moment gesloten is.
13. Vul bij 'lichtreductie 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.
14. Vul bij 'assimilatiebelichting' in hoeveel lux u belicht. Vul 0 lux in als u in de situatie die u wilt berekenen geen lampen aan heeft staan.

7.5.3.3 Invoeren klimaat

Het model berekent de mogelijke groei in een bepaalde situatie. Door zelf de klimaatomstandigheden van deze situatie in te vullen en te variëren, kunt u in de grafiek zien welk effect dit heeft op de groei.

15. Vul bij globale straling (W/m^2) in bij welke globale straling u de berekening uit wilt voeren. Dit kan ook door het schuifje te bewegen.
16. Vul bij kastemperatuur in bij welke kastemperatuur u de berekening uit wilt voeren. Dit kan ook door het schuifje te bewegen.
17. Vul bij CO_2 in bij welk CO_2 niveau u de berekening uit wilt voeren. Dit kan ook door het schuifje te bewegen.
18. Vul bij RV in bij welke RV u de berekening uit wilt voeren. Dit kan ook door het schuifje te bewegen.
19. U kunt zelf bepalen welke klimaatfactor u op de horizontale as (x-as) van de grafiek wilt zien (globale straling, kastemperatuur, CO_2 of RV). Selecteer de gewenste klimaatfactor door te klikken op het selectiekнопje boven het schuifje van de gewenste klimaatfactor. Dit knopje wordt nu groen.

7.5.4 Aflezen van de grafiek

- U ziet nu een grafiek met op de horizontale as de klimaatfactor die u in de vorige stap heeft geselecteerd van laag naar hoog. Het middelste van de vijf staafjes is de waarde die u heeft ingevuld (tenzij u een zeer lage of zeer hoge waarde heeft ingevuld). Aan de overige staafjes kunt u wat de groei zou zijn als deze klimaatfactor hoger of lager zou zijn geweest.
- Op de verticale as staat de groei van freesia. Deze is uitgedrukt in gram droge stof per netto m² per uur, omdat hiermee de groei het meest zuiver weer te geven is. (ter indicatie: als u de groei in drooggewicht vermenigvuldigt met ca. 8 weet u ongeveer het versgewicht).
- De staafjes zijn opgesplitst in twee delen. Het bovenste deel (rood) is de hoeveelheid assimilaten die de plant in deze situatie nodig heeft voor onderhoud (dissimilatie). Deze assimilaten kan de plant niet meer gebruiken voor groei. Wat overblijft is de hoeveelheid assimilaten die de plant omzet in netto groei. Dit is het onderste deel (blauw) van het staafje. Dit blauwe staafje geeft dus de groei weer. De hoogte van het blauwe en rode staafje samen is de totale hoeveelheid assimilaten die de plant aanmaakt in deze situatie.
- Varieer een van de eerder ingevoerde gegevens en vergelijk de groei met de vorige uitkomst. Zo kunt u het effect van uw aanpassing op de groei zien. Ook door per klimaatfactor het schuifje te bewegen kunt u zien wat het effect van die klimaatfactor is op de groei.
- Veel (leer)plezier!

7.5.5 Voor vragen en suggesties:

- Pieter de Visser, Wageningen UR Glastuinbouw (pieter.devissier@wur.nl tel 0317-485822)
- Fokke Buwalda, Wageningen UR Glastuinbouw (fokke.buwalda@wur.nl tel. 0317-485690)
- Frank van der Helm, Wageningen UR Glastuinbouw (frank.vanderhelm@wur.nl tel. 0317-485720)
- Hans Pronk, Pronk Consultancy (jpronk@kabelfoon.nl, 06-21231991)

7.5.6 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. Streven naar een maximale groei is niet altijd de beste beslissing. Voor een goede gewasopbouw moet de groei zijn afgestemd op de gewasontwikkeling, waarover dit groeimodel geen informatie geeft. We adviseren u langzaam en voorzichtig uw strategie aan te scherpen. 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.

