

Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen

Evaluatie

A. de Gelder en F. Buwalda

© 2004 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervaelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit is een vertrouwelijk document, uitsluitend bedoeld voor intern gebruik binnen PPO dan wel met toestemming door derden. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermenigvuldigd of verspreid voor extern gebruik.



Dit project werd uitgevoerd in opdracht van:
NOVEM
Productieschap Tuinbouw
Ministerie van LNV

Projectnummer: 41505074

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5
2771 KT Naaldwijk

Tel. : 0174-636700

Fax : 0174-636835

E-mail : info.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	INTRODUCTIE	7
2	DOELSTELLING	8
3	OMSCHRIJVING WERKZAAMHEDEN EN WERKWIJZEN.....	10
3.1	Modelontwikkeling:.....	10
3.2	Intensief waarnemen	10
3.3	Modelvalidatie	11
3.4	Sturing kasklimaat	11
3.5	Extreme behandelingen	11
3.6	Scenario's.....	12
3.7	Energie.....	13
3.8	Tussentijdse en Eindrapportage	13
4	KENNISOVERDRACHT:	14
4.1	Lezingen en demonstraties met gewasmodellen in LTO-verband	14
4.2	Publicaties in vakbladen	14
4.3	Artikelen in internationale wetenschappelijke tijdschriften.	14
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	15

Voorwoord

Voor u ligt het vijfde en daarmee eindrapport van het project: "**Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties bij siergewassen**".

Na de definitiestudie (Rapport 1) en de basis experimenten voor de modelvorming (Rapport 2) is in 2003-2004 een experiment uitgevoerd, waarin het kasklimaat gestuurd is op basis van een door een model (Rapport 3) berekende gewenste kasttemperatuur. De verslagen van dat experiment zijn weergegeven in een vijftal deelrapporten.

Dit laatste rapport is geen inhoudelijke rapportage, maar meer een confrontatie met de oorspronkelijke projectopzet.

De doelstelling van het project was buitengewoon ambitieus: een verband te leggen tussen grenswaarden voor temperatuurafwijkingen en ketengerichte teeltsturing, om hiermee een fundamentele doorbraak te bereiken in de manier waarop naar temperatuurintegratie wordt gekeken. Doordat van tevoren nog veel van het noodzakelijke inzicht ontbrak was dit niet een project waar vooraf een gedetailleerd spoorboekje voor kon worden geschreven.

De weg van het oorspronkelijke projectvoorstel via experimenten en verwerking is geen rechte lijn geweest. Steeds moest worden bijgestuurd omdat zaken anders liepen dan vooraf gedacht.

Vele verschillende personen hebben aan het project gewerkt. Functiewisselingen en ziekte van personen die verantwoordelijk waren voor de uitvoering hebben geleid tot een traject met vele vertragingen.

Gedurende een dergelijk lang traject ontstaan ook voortdurende verbeterde inzichten. Informatie uit ander onderzoek wordt ingepast. Vooral het gewasmodel dat in dit project is ontwikkeld is voortdurend verbeterd.

Uiteindelijk schrijven de beide opstellers van het projectvoorstel uit 2000 gezamenlijk deze eindevaluatie. We zijn iedereen die op welke wijze dan ook heeft bijgedragen aan de realisatie van dit project zeer erkentelijk voor haar en zijn inbreng. Eén persoon willen we bijzonder bedanken: Claudia Jilesen. Zonder haar voortdurende inspanning, accuratesse en werklust waren de experimenten in Horst niet mogelijk geweest. Haar werk vormt een belangrijke basis om de theorie van sturing van groei en ontwikkeling op basis van de plantbalans te toetsen.

Arie de Gelder en Fokke Buwalda

1 Introductie

De historie van het project Grenswaarden voor temperatuurintegratie bij Siergewassen gaat terug tot voor 2000. In de jaren 1990-2000 is op verschillende plaatsen gewerkt aan de ontwikkeling van temperatuurintegratie voor toepassing in de teelt van glasgroenten. Deze regeltechniek maakt het mogelijk om fors op energie te besparen. Ook voor siergewassen is verkennend werk verricht met betrekking tot de integratiecapaciteit (Buwalda 1996, 1997; Buwalda et al., 1996, 1999a, b, 2000). Hoewel telers er op grond van de resultaten wel van overtuigd waren dat temperatuurintegratie in principe mogelijk is zonder verlies aan productie of kwaliteit, bleek de toepassing in de praktijk achter te blijven bij de verwachting. Dit lag enerzijds aan onzekerheid m.b.t. de kritische grenswaarden voor temperatuurafwijkingen, anderzijds bleek het voor telers lastig om het geven van optimaliseringsruimte aan een energiezuinige klimaatregelaar te integreren in hun bedrijfsvoering en te combineren met allerlei andere doelstellingen in de klimaatregeling. De vraag vanuit de praktijk was om dit aspect voor siergewassen uit te werken. In een in 1999 geschreven projectvoorstel is de vraag uitgewerkt hoe deze integratie tot stand zou kunnen komen. Het project was geformuleerd met een focus op bloeiende potplanten. Het projectvoorstel is uiteindelijk goedgekeurd door de financiers NOVEM, PT en LNV.

In deze eindevaluatie ligt het accent op de confrontatie van het opgeleverde werk met de oorspronkelijke doelstelling en werkwijzen

De complete rapportage bestaat uit:

Grenswaarden voor temperatuurintegratie. Een definitiestudie. PPO GT 12053

Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen.
Experimenten potplanten Horst 2002-2003:PPO 41505074-2

Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen.
Beschrijving van het gewasmodel. PPO 41505074-3

Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen.
Verslag van een teeltproef met modelgestuurd temperatuursverloop
Deelverslag 1: Temperatuur verloop. Energieverbruik en overzicht teeltresultaten PPO 41505074-4-1
Deelverslag 2: Stuurmodel – Principe en werking PPO 41505074-2
Deelverslag 3: Toetsing van een dynamisch gewasmodel voor groei, ontwikkeling en sierwaarde voor Kalanchoe PPO 41505074-3
Deelverslag 4: Vergelijking van verschillende teeltscenario's voor Kalanchoe PPO 41505074-4
Deelverslag 5: Mogelijkheden bij Potchrysan, Begonia en Saintpaulia

In de volgende hoofdstukken wordt een vergelijking gemaakt tussen de projectomschrijving en de bereikte resultaten.

2 Doelstelling

In het project voorstel is als doelstelling geformuleerd.

Relateren van temperatuurintegratie aan het begrip planmatig telen (sturing op eindkwaliteit en aflevermoment), bepalen van integratiecapaciteit op basis van relatie lichtniveau, temperatuurniveau en wijderzetschema, toetsen effecten op gasverbruik.

De uitgebreide doelstelling luidde

Dit project beoogt het relateren van het concept temperatuurintegratie aan het onder telers van potplanten gangbare begrip planmatig telen. Op basis van modelmatig en experimenteel onderzoek zal een verband worden gelegd tussen de lichtintegraal, de gewenste teelttemperatuur, het wijderzetschema en de eindspecificatie (in termen van afleverdatum en gewenste kwaliteit). Op grond van dit verband kan de tolerantie van het gewas voor tijdelijke afwijkingen in de totstandkoming van de licht- en temperatuurintegraal worden gekwantificeerd. Deze tolerantie bepaalt de potentiële energiebesparing en de optimaliseringsruimte, beschikbaar voor geavanceerde energiezuinige klimaatregelaars. concrete, kwantitatieve informatie over integratieruimte en grenswaarden zal het voor de teler eenvoudiger maken om temperatuurintegratie te integreren in de totale bedrijfsvoering en om maximaal gebruik te maken van de mogelijkheden voor energiebesparing die een integrerende klimaatregelaar biedt.

Temperatuurintegratie op basis van dynamische streefwaarden zal binnen dit project worden vergeleken met temperatuurintegratie op basis van een vast temperatuursetpoint. Als referentie zal in dit verband dienen het regelprogramma Econaut CTI van Hoogendoorn Automatisering B.V. De verbanden, getoetst in dit project, zijn op langere termijn van belang voor de ontwikkeling van dynamisch optimaliserende regelaars.

De resultaten van het project dienen een extra energiebesparing van minimaal 10 % ten opzichte van temperatuurintegratie met vaste grenswaarden aannemelijk te maken.

In de rapportages wordt aannemelijk gemaakt welke mogelijkheden er zijn om de tolerantie van het gewas optimaal te benutten voor de sturing van de groei van Kalanchoe met een beperking van de energievraag. De werking van het principe is aangetoond in een experiment in Horst in het seizoen 2003-2004. Daarbij is een energiebesparing van 10% aangetoond. (Rapport 4 Deelverslag 1). De temperatuursetpoints zijn in dit geval berekend met uitsluitend het doel van het realiseren van een nagestreefde plantbalans, niet het bereiken van een maximale energie-efficiëntie. De bereikte energiebesparing komt voor rekening van de empirische MTI-regelaar die deze setpoints vertaalde naar stook- en luchtningstemperaturen. Deze 10 % is ten opzichte van geen temperatuurintegratie, en qua omvang vergelijkbaar met eerder behaalde resultaten (Buwalda et al., 1999). Het is geen 10% bovenop al bereikte besparing met de huidige generatie temperatuurintegratie programma's, maar het onderzoek toont wel aan dat de basisgedachte: Sturing op plantbalans een betrouwbare methode is. Daarmee wordt de mogelijkheid van toepassing van temperatuurintegratie vergroot en wordt de kans op acceptatie in de praktijk verhoogd. Wanneer de door het balansmodel berekende temperatuurstreefwaarden worden gerealiseerd door een moderne, meerdaags optimaliserende stookregelaar zoals Econaut CTI, dan zou aanzienlijk meer besparing kunnen worden bereikt. Voor paprika is al aangetoond dat een dergelijke koppeling mogelijk is en inderdaad tot extra energiebesparing kan leiden (Buwalda et al., 2003).

Toepassing van het model in een complexe situatie met meerdere gewasstadia in een kas, blijkt vanwege een gevoeligheid van het gewasstadium voor lichtbenuttingsefficiëntie problematisch. Het model is echter wel zeer goed in staat om de groei en ontwikkeling van alle stadia te beschrijven en zo de teler te ondersteunen bij zijn teeltbeslissingen. De teler krijgt daarvoor informatie over

1. groei, in grammen versgewicht

2. gewichtsverdeling over hoofdscheut en zijscheuten
3. berekend aantal zijscheuten
4. verdeling generatief en vegetatief
5. berekend bloeistadium
6. voorspelling dag stadium 10 (Veilingrijp)

Het gewasmodel is in deze fase van ontwikkeling beter geschikt als basis voor een beslissingondersteunend systeem, dan voor een rechtstreekse koppeling aan de sturing van de klimaatcomputer. Dit laatste vraagt om een betere kwantificering van de doelfunctie van het Stuurmodel (Rapport 4 deelverslag 2).

In de loop van het project is de kennis van de gehele sturing steeds dieper geworden. De eerste theoretische verkenning is gerapporteerd in de definitiestudie(PPO GT-12053). In de loop van het project is daar kennis aan toegevoegd over de diverse groeifuncties die in het model worden gebruikt. Beschreven in het rapport over het gewasmodel en het rapport over de toetsing daarvan.

Het hele onderzoek legt wel duidelijke verbanden en heeft die ook gekwantificeerd tussen lichtniveau, temperatuurniveau en wijderzetschema. De kwantificering is de verwerkt in het gehele gewasmodel.

3 Omschrijving werkzaamheden en werkwijzen

3.1 Modelontwikkeling:

Als eerste stap in dit project zal door middel van een literatuurstudie de beschikbare informatie worden geïnventariseerd en geordend. Van belang hierbij is de keuze van de proefgewassen: deze moeten representatief zijn voor een bepaalde gewasgroep. De relevante groei- en ontwikkelingsprocessen zullen worden beschreven in de vorm van een dynamisch source/sinkmodel in MATLAB/SIMULINK. De benadering hierbij zal zijn om het model zo eenvoudig en generiek mogelijk op te zetten, met het oog op robuustheid en de mogelijkheden om het model snel te kunnen parameteriseren voor vergelijkbare gewassen. Als opzet wordt gedacht aan het werken met een multidimensionale state-matrix, waarbij ontwikkelingsstadium en sikcompetitie worden geëvalueerd met een tijdstap van 1 dag; de koolhydratenbalans kan eventueel worden berekend op uurbasis. Ontwikkelingsprocessen worden in principe benaderd als thermal-time functies; waar nodig gemoduleerd door koolhydraatstatus. Het model zal, mogelijk in verschillende versies, worden gekalibreerd op basis van literatuurwaarden en reeds beschikbare datasets. Waar mogelijk zal een vergelijking worden gemaakt met reeds bestaande modellen.

Voor de modelontwikkeling is eerst een definitie studie gemaakt. Vervolgens is het eerste concept model geschreven en gekalibreerd. In dit model is de kennis die gebruikt is in andere modellen uiteraard toegepast. Het model is modulair opgebouwd en bevat een aantal routines voor feedback van actuele gewastoestand en kasklimaat gegevens.

Vanuit het project is samengewerkt met de groep van Tuinbouwproductie Ketens. Hierin werken E. Heuvelink en S. Carvalho aan een model voor groei van siergewassen op basis van de klassieke fotosynthese modellen.

Rapportage

Grenswaarden voor temperatuurintegratie. Een definitiestudie. PPO GT 12053

Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen.
Beschrijving van het gewasmodel. PPO 41505074-3

3.2 Intensief waarnemen

Serie intensief waargenomen proeven met brede reeks temperaturen, wijderzetschema's en 2 lichtcondities zal worden uitgevoerd om kwantitatieve gegevens te verzamelen m.b.t. de processen die beschreven staan in het concept-model uit taak 1. Als aanvulling op de bestaande kennis zal met name aandacht worden besteed aan de lichtonderschepping en de verdeling van drogestof over de verschillende organen. Per gewas worden minimaal 2 teelten uitgevoerd.

Deze proeven zijn uitgevoerd in 2002-2003 op de locatie in Horst.

Rapportage

Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen.
Experimenten potplanten Horst 2002-2003: PPO 41505074-2

3.3 Modelvalidatie

Op basis van de datasets uit taak 2 wordt het concept-model uit taak 1 gevalideerd, en zonodig bijgesteld. Omdat per gewas 2 datasets beschikbaar zijn kan het bijgestelde model tegen onafhankelijke data worden getoetst. Als onderdeel van taak 3 moet worden besloten hoe de informatie in het model kan worden vertaald naar setpoints en grenswaarden voor de procescomputer, en welke feed-back (van gewas en regelaar) nodig is voor het model.

Een groot deel van deze validatie is beschreven in het rapport waarin het gewasmodel wordt getoetst. Dit is echter vooral gebaseerd op Kalanchoe. Er is geen validatie voor Potchryasant, Saintpaulia of Begonia. Dit bleek te ambitieus. Over de toepassing voor deze gewassen is wel een rapportage gemaakt. Daarnaast is veel nuttige informatie te vinden in de rapportage over Kalanchoe.

Rapportage

Grenswaarden voor temperatuurfuctuaties van verschillende duur bij siergewassen.

Verslag van een teeltproef met modelgestuurd temperatuursverloop

Deelverslag 3: Toetsing van een dynamisch gewasmodel voor groei, ontwikkeling en sierwaarde voor Kalanchoe PPO 41505074-3

Deelverslag 5: Mogelijkheden bij Potchryasant, Begonia en Saintpaulia

3.4 Sturing kasklimaat

Het doel van taak 4 is om de setpoints en grenswaarden, gegenereerd door het onder 3 gedefinieerde model te toetsen. De dynamische setpoints dienen te worden getoetst tegen twee verschillende referenties: een conventionele regeling en een integrerende temperatuurregeling (Econaut CTI). Op basis hiervan kan inzicht worden verkregen in de effecten van dynamische setpoints en het toelaten van afwijkingen van deze setpoints m.b.t. de Econaut CTI, zowel afzonderlijk als in combinatie.

De werking van het gewasmodel in combinatie met het stuurmodel is getoetst in een experiment in 2003-2004 in Horst. De vergelijking is daarbij niet gemaakt met een integrerende regelaar omdat die daar niet beschikbaar is. Daarbij vroeg de opzet voor het regelen op een zware, gemiddelde en lichte plantbalans in vergelijking met de controle afdeling al zoveel ruimte dat een extra behandeling niet mogelijk was.

Rapportage

Grenswaarden voor temperatuurfuctuaties van verschillende duur bij siergewassen.

Verslag van een teeltproef met modelgestuurd temperatuursverloop

Deelverslag 2: Stuurmodel – Principe en werking PPO 41505074-2

3.5 Extreme behandelingen

Om het model ook onder meer extreme omstandigheden te kunnen toetsen zijn als taak 5 meer gedetailleerde proeven gepland. Hierin zal worden getracht om planten gedurende langere tijd in verschillende evenwichtstoestanden te houden m.b.t. licht en temperatuur. Tevens is van belang om de tijdconstante te bepalen voor het bereiken van nieuw evenwicht na verplaatsing naar andere

omstandigheden. In deze proeven zal het gewas ook worden bemonsterd voor koolhydraatanalyse. Met de gegevens over de koolhydratenstatus van het gewas kan de onderliggende theorie van het model worden getoetst, die uitgaat van de regulerende invloed van vrije koolhydraten op morfogenetische processen.

In de experimenten in Horst zijn zowel in 2002-2003 als in 2003-2004 vele variaties aangebracht. Vooral de wisselbehandelingen in 2003-2004 zijn uitvoering van deze taak. Dit leverde een schat aan informatie op over de mogelijkheden om extremen situaties te compenseren.

Er is niet in detail gekeken naar koolhydraten status. Op basis van voortschrijdend inzicht is besloten om dat niet te doen omdat de meerwaarde minimaal is ten opzichte van informatie over het droge stof gehalte, en in geen verhouding staat tot de benodigde onderzoekstechnische inspanning. Ook blijkt het leggen van een verband tussen door het model berekende source/sinkbalans op etmaalbasis en een momentopname van koolhydraatgehaltes bijzonder lastig te zijn. Wel is het droge stof gehalte van de planten en van delen van planten bepaald.

Rapportage

Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen.

Verslag van een teeltproef met modelgestuurd temperatuursverloop

Deelverslag 4: Vergelijking van verschillende teeltscenario's voor Kalanchoe PPO 41505074-4

3.6 Scenario's

Met de mogelijkheid van stoken en luchten hebben telers in de glastuinbouw de factor temperatuur redelijk goed onder controle. De teeltfactor temperatuur heeft een sterke invloed op ontwikkelingsprocessen. Op variaties in de teeltfactor licht, die in hoge mate bepalend is voor de dagelijkse groei, heeft de teler veel minder invloed. Theoretisch is het zo dat onder deze omstandigheden het bepalen van het aflevermoment kan conflicteren met het bepalen van de eindkwaliteit. Door het toepassen van het model op verschillende scenario's op basis van historische en kunstmatige datasets zal deze problematiek inzichtelijk worden gemaakt, en zullen mogelijke oplossingen worden bediscussieerd.

In het rapport over de scenario's is geen uitgebreide gedetailleerde analyse van de mogelijk conflicterende doelstellingen gedurende de teelt uitgevoerd, en evenmin wordt een methode voor het vinden van de optimale afweging tussen conflicterende doelen gegeven. Wel worden de mogelijke oplossingen bediscussieerd. Geconcludeerd wordt dat er niet een uniek optimaal recept bestaat, maar dat telers zelf die afweging zullen moeten maken en steeds opnieuw moeten bijstellen, afhankelijk van de specifieke bedrijfsstrategie, veranderlijke marktcondities en variabele weersomstandigheden. Als het model in eerste instantie toegepast wordt voor beslissingsondersteuning hoeft dit ook geen belemmering te zijn. De verschillende situaties geven dan aan waar een ondernemer een verhoogd risico op een afwijkende kwaliteit loopt.

Rapportage

Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen.

Verslag van een teeltproef met modelgestuurd temperatuursverloop

Deelverslag 4: Vergelijking van verschillende teeltscenario's voor Kalanchoe PPO 41505074-4

3.7 Energie

Berekeningen met het ECP model (Rijsdijk en Houter, 1993) op basis van data uit taak 4. Van belang hierbij is dat het theoretisch te verwachten effect van dynamische setpoints op het energieverbruik apart wordt geëvalueerd van het effect van temperatuurintegratie, zoals gerealiseerd door de Econaut CTI. Uiteraard wordt ook het effect van de gecombineerde methoden getoetst.

Van het experiment in Horst in 2003-2004 is een berekening van het energiegebruik gemaakt. Dit leverde een besparing op van 10% voor een regeling met een gemiddelde plantbalans ten opzichte van een regeling zonder temperatuurintegratie. Er is geen simulatie gedaan met ECP of het modernere KASPRO van A&F. Dit bleek ook niet nodig te zijn; het toepassen van de eenvoudige en robuuste methode van Nawrocky was voor dit doel uitstekend geschikt om de gestelde vragen te beantwoorden. De bereikte 10% besparing kwam voornamelijk voor rekening van de MTI-regelaar die de temperatuursetpoints van het model vertaalde naar stook -en luchtgingstemperaturen voor de klimaatcomputer. Met het sturen op plantbalans zelf blijkt de teler alle kanten op te kunnen: er kan worden gekozen voor snelle (warme) trajecten, of juist voor rustige (koele). De keuze is aan de teler. Als eenmaal voor een bepaald traject is gekozen dan kan de realisatie worden overgelaten aan een optimaliserende stookregelaar, waarbij het balansmodel de grenswaarden aan kan geven. Voor dit doel moet het model dan wel in een beslissingsondersteunend systeem worden geïntegreerd. Van een dergelijk systeem is in het kader van dit project al begonnen met het uitwerken van een primitieve eerste versie (zie deelverslag stuurmodel). De extra energiebesparing die mogelijk is met een regeling op plantbalans zal afhankelijk zijn van het traject dat de teler voor een bepaalde teelt kiest. In de praktijk wordt de kennis van sturing op plantbalans deels toegepast door lichtafhankelijke temperatuur regelingen. Daarbij wordt vooral een afwijking naar een hogere temperatuur geaccepteerd, maar geen compensatie naar een lagere temperatuur op andere momenten toegepast.

Rapportage

Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen.

Verslag van een teeltproef met modelgestuurd temperatuursverloop

Deelverslag 1: Temperatuur verloop. Energieverbruik en overzicht teeltresultaten PPO 41505074-4-1

3.8 Tussentijdse en Eindrapportage

Gedurende de looptijd van het project zullen regelmatig werkbijeenkomsten worden georganiseerd met leden van een begeleidingscommissie. Vertegenwoordigers van doelgroepen (telers, voorlichters, automatiseringsbedrijven) en relevante deskundigen van WUR zullen worden uitgenodigd om zitting te nemen in deze commissie. De belangrijkste doelen hierbij zijn het opbouwen van draagvlak in de praktijk en in de wetenschappelijke wereld, het tijdig kunnen bijsturen van het project wanneer dit op basis van signalen uit de begeleidingscommissie nodig mocht zijn, en het zekerstellen dat de projectresultaten geschikt zullen zijn voor implementatie. Verder wordt eindrapportage tot dit projectonderdeel (taak 8) gerekend.

Het project is regelmatig gevolgd door vooral de Kalanchoetelers. Enkele van hen hebben de proeven in Horst begeleid. In november 2003 is een opendag georganiseerd, waarop de stand van zaken tot dan toe is gepresenteerd en de telers gelegenheid kregen de proeven te bekijken.

Aan de financiers is onregelmatig gerapporteerd. Dit heeft te maken met de personele bezetting van dit project in de verschillende jaren.

Een eindrapportage is door dit document en door alle deelverslagen vorm gegeven.

4 Kennisoverdracht:

4.1 Lezingen en demonstraties met gewasmodellen in LTO-verband

Gedurende de looptijd van het project zijn diverse lezingen gegeven over temperatuurintegratie voor telers van potplanten.

Openmiddag proeven Horst: 11 december 2003.

Presentatie voor de landelijke Kalanchoecommissie, 2003

Presentatie voor de landelijke Potchrysantencommissie, 2003

Presentatie Temperatuurintegratie op LTO innovatieavond Kwintsheul, 2002

4 x presentatie voor bezoekende gewasgroepen in Horst, 2002 - 2003

Verder zijn voor onderzoekers en andere geïnteresseerden presentaties verzorgd

Presentatie over teeltsturing, innovatieworkshop PPO, 2002

Presentatie tijdens mini-workshop Kalanchoemodellen PPO Aalsmeer, 2003

Presentatie lunchdiscussie PPO Aalsmeer, 2003

Presentatie tijdens een WUR-breed opgezette workshop over energiebesparing, 2002

4.2 Publicaties in vakbladen

Er is een artikel waarin de essentie van de definitie studie werd uitgewerkt aangeboden aan het vakblad voor de bloemisterij. Dit artikel is niet geplaatst. De inhoud was te abstract naar de mening van de redactie.

4.3 Artikelen in internationale wetenschappelijke tijdschriften.

Buwalda F., C.J.T.J. Jillessen, P.H.J. Korsten D. Zonnenberg and F. van Noort, 2004. External Quality and Timing of Flowering Pot Plants - Modelling Side Shoot Emergence and Biomass Partitioning to Flowers of Kalanchoe. *Acta Hort* 654: 45-54.

Naast de publicatie zijn een aantal meer internationale presentaties verzorgd:

Presentatie tijdens PRI/HPC workshop over sustainable horticulture, 2003

Presentatie tijdens ISHS symposium Models for plant growth and control of product quality in horticultural production, Potsdam 2003

Presentatie teeltsturing voor ISHS workshop Quic (quality in chains), Wageningen 2003

Twee seminar presentaties bij Horticultural Production Chains

5 Conclusies en Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden een aantal van de conclusies en aanbevelingen uit de afzonderlijke rapporten bij elkaar gezet.

Het balansprincipe kan een functie krijgen als beslissingsondersteunend instrument. Hiermee zal een teler in staat zijn om gestelde teeltdoelen te halen, risico's te vermijden en onderweg maximaal gebruik te maken van de beschikbare optimaliseringsruimte voor energiebesparing. Het plantbalans-principe geeft inzicht in (uitwendige) gewaskwaliteit en ontwikkelingssnelheid, waardoor niet alleen teeltplanning en aanvoerspelling mogelijk worden, maar ook teeltsturing.

Het gewas-model blijkt in staat te zijn om een aantal belangrijke aspecten van groei, ontwikkeling en uitwendige kwaliteit na te bootsen, vooral bij verschillende temperatuurniveaus. De resultaten bevestigen de veronderstelde invloed van source/sinkrelaties op de biomassaverdeling naar zijscheuten en bloemen bij Kalanchoe.

De modelgestuurde klimaatregeling had effecten op het energieverbruik, de gemiddelde ruimtetemperatuur en de teeltduur. Hoe hoger de temperatuur, des te meer energie werd gebruikt. Daar stond tegenover dat de teeltduur bij hogere temperaturen korter was. Omgekeerd leidde een lager temperatuurniveau tot een geringer energieverbruik per dag, maar ook een langere teeltduur. Het bleek dat de doeldefinitie in het stuurmodel die streefde naar een lichte plantbalans leidde tot een vermindering van de energie-efficiëntie van de teelt met 5% per m² en met 10% per plant. In het geval van de middelste en zware plantbalans werd juist een grotere energie-efficiëntie bereikt, nl. in beide gevallen 11% op oppervlaktebasis en 9 resp. 8% per afzonderlijke plant.

Ondanks het extreme temperatuurverloop in modelgestuurde afdelingen is een goed gewas geteeld; van specifieke schade was geen sprake.

Het resultaat is enigszins seizoensafhankelijk. Bij een teelt die in het najaar wordt gestart vallen bij een verlengde teeltduur alle extra dagen in de winter, de periode waarin relatief veel wordt gestookt. Dit is vooral het geval bij de zware plantbalans.

Het stuurmodel is als maatwerk ontwikkeld. Het model is te beschouwen als een verdere ontwikkeling van het stuurmodel dat in eerdere PPO-proeven met paprika is gebruikt (Buwalda et al., 2003). De belangrijkste vernieuwing was dat de definitie van plantbalans is aangescherpt zodat deze als basis kon dienen voor een berekening van balanstemperaturen op grond van expliciete groei- en ontwikkelingsprocessen in een mechanistisch, dynamisch gewasmodel. Hoewel de vertaling van deze processen naar een doelfunctie voor het stuurmodel nog tekortkomingen vertoonde, opende deze aanpak wel de mogelijkheid om in de loop van de teelt allerlei informatie over de toestand van het gewas aan de gebruiker te laten zien, in termen van direct controleerbare grootheden zoals versgewicht, bloeistadium en aantal zijscheuten, en het verloop hiervan in de tijd.

Een belangrijk punt bij toepassing in verschillende kassen en bij verschillende rassen is dat de eventuele noodzaak om calibraties van het gewas- of stuurmodel aan te passen ook tijdig kan worden gesignaleerd. Leerzaam waren de grote temperatuursfluctuaties die het gewasmodel in interactie met de doelfunctie berekende. Een benadering die waarschijnlijk meer kans zal hebben om met succes te worden geïntroduceerd is om met een handmatig in te stellen conventionele regelaar of met een eenvoudiger en minder extreem regelend RRT-model de temperatuur te sturen, waarbij het dynamische gewasmodel dan uitsluitend wordt gebruikt om met de teelt mee te rekenen op basis van gerealiseerd klimaat en prognoses van het verdere verloop van de teelt op basis van gemiddeld weer (en voor de komende week de lokale weersverwachting).

Het model dat vooruit rekenen mogelijk maakt kan worden uitgebreid tot een compleet beslissingsondersteunend systeem door de gebruiker de mogelijkheid te geven om van tevoren de te verwachten effecten van geplande teeltmaatregelen (bijv. wijderzetten) of veranderde klimaatinstellingen door te rekenen.

De resultaten van de wisselproeven bevestigen dat Kalanchoe bijzonder tolerant is voor temperatuursfluctuaties.

In principe kunnen de berekeningen ten behoeve van energiebesparing en teeltsturing met het zelfde gewasmodel worden uitgevoerd.

De uitgangspunten waarop de ontwikkeling van het gewasmodel is gebaseerd blijken over het algemeen goed te kloppen. De basale processen groei en ontwikkeling worden behoorlijk goed gesimuleerd.

Om volledig aan de informatiebehoefte van de teler te kunnen voldoen is het eigenlijk nodig om ook een functie voor strekkingsgroei aan het gewasmodel toe te voegen.

De mooie resultaten van de wisselbehandeling waarbij jonge planten bij een lichte plantbalans werden opgekweekt, waarna gedurende de rest van de teelt naar een zware plant werd gestreefd suggereert dat er vooruitgang valt te boeken door een bedrijf in secties te verdelen.

Uit de wisselproeven bleek ook dat enkele effecten van sterke temperatuurafwijkingen enigszins stadiumafhankelijk zijn.

Met het oog op de geconstateerde grotere gevoeligheid voor forse afwijkingen van de plantbalans in de vroege bloei-inductiefase geldt dat bij verschillende partijen bij elkaar in de kas het gewas in gevoeligste fase de speelruimte bepaalt.

In principe heeft een teler bij een gegeven lichtniveau verschillende mogelijkheden om plantbalans te variëren: wijderzetschema en temperatuurniveau. De precieze ligging van de relatie tussen plantdichtheid en temperatuurniveau kan met behulp van het model worden berekend.

Met de gevolgde modelbenadering wordt geen vast nieuw teeltrecept berekend, dat voortaan op alle bedrijven kan worden gebruikt en dat een duurzame verbetering van de energie-efficiëntie van de teelt oplevert. Er blijkt ook geen sprake te zijn van een duidelijk optimum met fysiologisch bepaalde grenswaarden. Eerder lijkt er sprake te zijn van een gunstiger of minder gunstige beïnvloeding van de processen die in de plant de verdeling van biomassa regelen, zoals het al of niet uitlopen van zij scheuten en de verdeling van biomassa tussen vegetatieve en generatieve delen.

Literatuur

- Buwalda F, Rijdsdijk AA, Van Leeuwen GJL, Hattendorf A, Vogelesang JVM 1999 Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen. Toetsen van een meerdaags integrerende temperatuurregeling onder realistische teeltomstandigheden. PBG Rapport 176: .
- Buwalda F, Eveleens B, Wertwijn R. 2000 - Ornamental crops tolerate large temperature fluctuations: a potential for more efficient greenhouse heating strategies. Acta Hort. 515:141-149
- Buwalda F, Haghuis P, Kempen J, van Gurp H, Bouten P, Baas R 2003 - Integratie van gewasontwikkeling in kasklimaatregeling bij vruchtgroenten. PPO Rapport 576.
- Buwalda F, Rijdsdijk AA, Vogelesang JVM, Hattendorf A, Batta LGG 1999 . An energy efficient heating strategy for cut rose production based on crop tolerance to temperature fluctuations. Acta Hort. 507:117-125.
- Buwalda, F. 1996 - Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen - literatuuroverzicht. PBG rapport 118.
- Buwalda, F. 1997 - Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen - Effecten van lichtniveau, temperatuurniveau en wachttijd op de integratiecapaciteit van Ficus, Kalanchoe, Gerbera en roos. PBG rapport 120.
- Buwalda, F., R. Wertwijn & B. Eveleens 1996 - Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen - Een inventarisatie bij zessierteeltgewassen. PBG Rapport 119.