

Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen

Verslag van een teeltproef met modelgestuurd temperatuursverloop
Deelverslag 4: Vergelijking van verschillende teeltscenario's voor Kalanchoe.

F. Buwalda

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

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, 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
Productschap 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

VOORWOORD	5
1 INLEIDING	6
2 WERKWIJZE.....	7
2.1 Basisteelt.....	7
2.2 Wisselbehandelingen.....	7
3 RESULTATEN	9
3.1 Vergewicht plant	9
3.2 Zijscheuten.....	9
3.3 Planthoogte.....	11
3.4 Bloei.....	11
3.5 Gecombineerd resultaat	12
4 SIMULATIE VAN DE WISSELBEHANDELINGEN	14
5 DISCUSSIE	17
5.1 Tolerantie voor wisselingen.....	17
5.2 Gewasmodel	17
5.3 Stadiumgevoeligheid.....	18
5.4 Stuurmodel	18
5.5 Teeltmaatregelen.....	18
5.6 Teeltdoel.....	19
LITERATUUR.....	20
BIJLAGE 1 ANOVATABELLEN EINDOOGST KALANCHOE HORST NAJAAR 2003	21

Voorwoord

Voor u ligt het deel 4 van het vierde rapport 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.

Om de analyse van dit experiment overzichtelijk te houden is de rapportage opgesplitst in een aantal deelrapporten.

Deel 1 geeft het temperatuurverloop, energieverbruik en een overzicht van de teeltresultaten.

Deel 2 werkt het teeltsturingsmodel uit.

Deel 3 is de toetsing van het dynamisch gewasmodel voor groei, ontwikkeling en sierwaarde van Kalanchoe.

Deel 4 levert een analyse van verschillende scenario's die met het model zijn door te rekenen

Deel 5 beschrijft de mogelijkheden bij Potchrysant, Begonia en Saintpaulia

Aan dit project hebben diverse collega's meegewerkt. In het bijzonder worden bedankt Claudia Jillessen, Henny van Gurp, Dik Zonnenberg, Filip van Noort, Peter Korsten en Peter Lagas.

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

Uiteindelijk schrijven de beide opstellers van het projectvoorstel uit 2000 gezamenlijk de diverse deelverslagen.

Fokke Buwalda en Arie de Gelder.

1 Inleiding

Ketengericht telen gaat een steeds belangrijkere rol spelen in de Nederlandse potplantenteelt. Hierbij streeft de teler ernaar om bij een zo hoog mogelijke ruimtebenutting zo goed mogelijk aan de marktvraag te voldoen. De eindspecificatie van een teelt wordt gesteld in termen van einddatum, eindgewicht en (uitwendige) eindkwaliteit. Deze termen zijn op te vatten als de geïntegreerde resultaten van momentane fysiologische processen, zoals fotosynthese, ademhaling, uitgroei van organen, generatieve ontwikkeling, etc. Om het eindresultaat te beïnvloeden moet een teler in feite deze momentane processen zien te sturen. Heel dicht hier tegenaan ligt de vraag hoe deze momentaan verlopende processen reageren op temperatuurafwijkingen die de teler toelaat bij het geven van optimalisatieruimte aan klimaatregelaars die gebruik maken van temperatuurintegratie. Ook hier is de vraag welke invloed het verloop van de momentane processen heeft op het eindresultaat. Een gewasmodel dat de meest relevante processen goed beschrijft kan een belangrijk hulpmiddel zijn bij het voorspellen van deze invloed. Op basis van standaard lichtgegevens en de online week-weersverwachting kan het model voor verschillende temperatuurinstellingen en wijderzetschema's vooruit rekenen en informatie genereren over te verwachten ruimtebeslag (week.m²), wanneer de teelt veilingrijp zal zijn, en over plantgewicht en uitwendige kwaliteit op de einddatum.

Het gewasmodel zoals beschreven in het rapport hierover (Rapport 3) bleek behoorlijk goed in staat om de resultaten te simuleren van een proef, uitgevoerd in het najaar van 2003 (deelverslag 3: toetsing gewasmodel). In deze proef is het gewasmodel geïntegreerd met een stuurmodel en toegepast om in deze proef verschillende niveaus van plantbalans zo constant mogelijk te realiseren (deelverslag 2: stuurmodel). De vraag die daarbij nog is blijven liggen is of constante teeltomstandigheden (ofwel een vast temperatuurniveau, of een constant niveau van plantbalans) eigenlijk wel de meest efficiënte manier vormen om een bepaald teeltdoel te realiseren. Er zijn aanwijzingen in de literatuur dat het investeren in een snelle bladbedekking aan het begin van de teelt door het instellen van een verhoogd temperatuurniveau, gevolgd door een wat rustiger teelt bij lagere temperatuur in de rest van de teeltperiode, een hogere efficiëntie van de biomassa-productie kan worden bereikt dan met constant gehouden teeltcondities (voor tomaat: Seginer et al., 1994; voor kropsla: van Henten, 1994). Om te onderzoeken of deze benadering ook in de potplantenteelt vruchten kan afwerpen zijn in de stuurproef met Kalanchoe in het najaar van 2003 enkele extra behandelingen opgenomen waarbij planten zijn gewisseld tussen afdelingen met verschillende niveaus van plantbalans.

2 Werkwijze

2.1 Basisteelt

De stuurproef in het najaar van 2003 werd uitgevoerd in 4 identieke potplantenafdelingen van de voormalige PPO-vestiging Horst. Als referentie diende een afdeling waarin, in overleg met telers, het klimaat zo veel mogelijk conform praktijk werd geregeld. In de overige drie afdelingen werd het stuurmodel (deelverslag 2 stuurmodel) gebruikt om zo consequent mogelijk drie verschillende niveaus van plantbalans te realiseren. Hierbij werd de temperatuur zo ingesteld dat het aanbod van assimilaten, berekend met behulp van een groeimodel, per behandeling in een bepaalde vaste verhouding stond tot de assimilatenvraag van de hoofdscheut. Bij een relatief hoog temperatuurniveau ligt de absorptiecapaciteit voor assimilaten hoog, en zal de plant weinig overhouden om te investeren in het laten uitgroeien van zijscheuten en het aanleggen van bloemen. Dit resulteert in een verhoudingsgewijs lichte plant en een korte teeltduur (plantbalans Licht). Wordt de temperatuur juist laag gehouden, dan zal de plant veel meer assimilaten beschikbaar hebben om in de breedte te groeien en rijker te bloeien (plantbalans Zwaar). In de derde experimentele behandeling werd een niveau van plantbalans nagestreefd dat tussen deze uitersten in lag (plantbalans Middel).

2.2 Wisselbehandelingen

Er zijn verschillende wisselbehandelingen uitgevoerd. Daarbij worden planten van de ene afdeling naar een andere afdeling verplaatst.

1. Eén serie had tot doel om contrasten aan te leggen tussen de plantbalans aan het begin van de teelt en de rest van de teeltperiode. Hier zijn planten verplaatst vanuit de afdeling met de lichte plantbalans naar de zware en van de zware naar de lichte. De wisselingen vonden plaats bij het begin van de bloei-inductie (KD-fase) en bij een tweede set planten bij het bereiken van bloeistadium 3.
2. In een tweede serie is gekeken naar de effecten van tijdelijke afwijkingen van het middelste niveau van plantbalans. Hierbij zijn planten vanuit de kas met de middelste plantbalans tijdelijk naar een van de extreme niveaus verplaatst, vervolgens als compensatie een even lange periode naar het andere extreem, waarna ze weer zijn teruggeplaatst in de afdeling met de middelste plantbalans. In deze serie wisselingen was de verwachting dat de behandelingen een neutraal effect zouden hebben.

Behandeling	Omschrijving
1	Controle praktijk, remmen
2	Controle praktijk niet remmen
3	Balans Licht (L), remmen
4	Balans Licht (L) niet remmen
5	Balans Middel (M), remmen
6	Balans Middel (M) niet remmen
7	Balans Zwaar (Z), remmen
8	Balans Zwaar (Z) niet remmen
9	Wissel L=>Z begin KD
10	Wissel Z=>L begin KD
11	Wissel L=>Z bloeistadium 3
12	Wissel Z=>L bloeistadium 3
13	Wissel 4d M=>L=>Z=>M begin KD
14	Wissel 4d M=>Z=>L=>M begin KD
15	Wissel 8d M=>L=>Z=>M begin KD
16	Wissel 8d M=>Z=>L=>M begin KD
17	Wissel 4d M=>L=>Z=>M bloeistadium 3
18	Wissel 4d M=>Z=>L=>M bloeistadium 3
19	Wissel 8d M=>L=>Z=>M bloeistadium 3
20	Wissel 8d M=>Z=>L=>M bloeistadium 3

Tabel 1– Omschrijving van de verschillende behandelingen in de stuurproef van najaar 2003.

Behandeling 1 t/m 8 zijn de standaardbehandelingen bij constante niveaus van temperatuur of plantbalans.

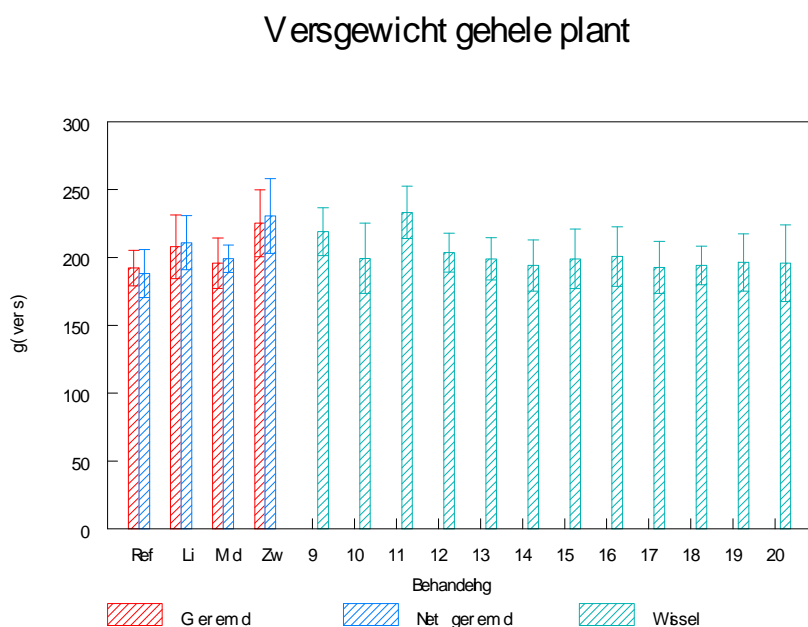
Behandeling 9 t/m 12 zijn de wisselbehandelingen waarbij in de eerste teeltfase een ander niveau van plantbalans is aangelegd dan in de rest van de teeltperiode.

Behandeling 13 t/m 20 zijn wisselbehandelingen waarbij planten gedurende 4 of 8 dagen werden blootgesteld aan een extreme plantbalans, vervolgens ter compensatie een zelfde tijd aan de tegenovergestelde plantbalans, waarna ze werden teruggeplaatst in de afdeling met de neutrale plantbalans. Alle varianten van de wisselbehandelingen zijn uitgevoerd bij begin KD of bij het bereiken van bloeistadium 3.

3 Resultaten

3.1 Versgewicht plant

Figuur 1 geeft een overzicht van het eindgewicht van de planten in de verschillende wisselbehandelingen. Planten uit behandeling 3 en 4 (lichte plantbalans) zijn wat lichter dan het gemiddelde, die in behandeling 7 en 8 wat zwaarder. Dit effect is verklaarbaar op grond van verschillen in teeltduur die samenhangen met de contrasten in temperatuurniveau die het nastreven van een lichte, respectievelijk zware plantbalans met zich meebrengen.



*Figuur 1 – Effecten van de verschillende constante behandelingen en wisselingen (zie Tabel 1) op het eindgewicht van de plant (g vers).
Afwijkende legenda:
Ref = referentieteelt, beh. 1 en 2;
Li = lichte plantbalans (3 en 4),
Md = middelste plantbalans (5 en 6),
Zw = zware plantbalans (7 en 8).*

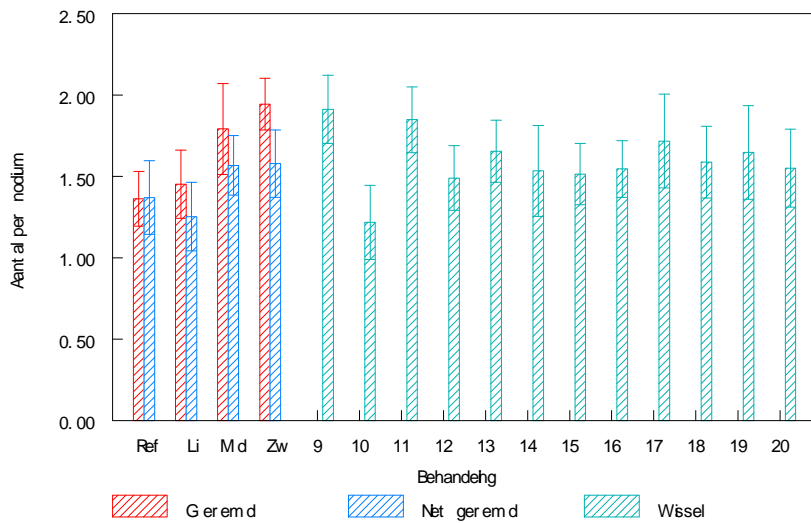
Het eindgewicht van de wisselbehandelingen 13 t/m 20 blijkt, zoals verwacht, niet te verschillen van dat van planten opgekweekt bij de middelste plantbalans (Md; behandeling 7 en 8). Dit bevestigt dat wat groei betreft de planten zeer ongevoelig zijn voor wisselende temperaturen, en dat afwijkingen van 4 of 8 dagen volledig zijn te compenseren. Interessant zijn behandeling 9 en 11, waar de planten relatief zwaar zijn geworden. Het betreft hier wisselingen waarbij in het begin van de teelt een hoger temperatuurniveau werd aangehouden (plantbalans licht) en in de rest van de teelt een laag temperatuurniveau (plantbalans zwaar). Dit klopt met de verwachting dat hoge temperaturen in het begin van de teelt een gunstig effect hebben op de biomassaproductie vanwege een versnelde uitgroei van de bladeren.

3.2 Zijscheuten

Figuur 2 laat zien dat de verschillende niveaus van plantbalans inderdaad het te verwachten effect hadden op het uitlopen van de zijscheuten. Per nodium kunnen bij Kalanchoe twee zijscheuten uitlopen. Er is een trend te zien dat het behandelen van de plant met groeiregulatoren een stimulerend effect had op het uitlopen van zijscheuten. Het aantal zijscheuten dat uitliep bij wisselbehandelingen 13 t/m 20 was goed vergelijkbaar met dat van de middelste plantbalans. Dit laat zien dat ook wat betreft het uitlopen van

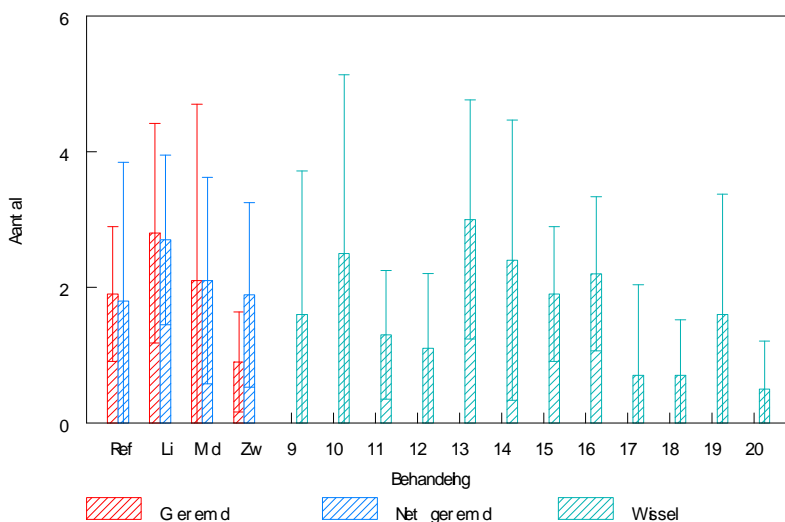
zij scheuten de effecten van tijdelijke temperatuurafwijkingen goed kunnen worden gecompenseerd. Interessant zijn de wisselbehandelingen 9 t/m 12, waarbij 9 en 11 er in gunstige zin uitspringen en 10 en 12 in ongunstige zin. Dit laat zien dat een hoog temperatuurniveau in het begin van de teelt niet alleen gunstig is voor het algemene niveau van de groei, maar ook gunstig is voor de uitgroei van zij scheuten. De conclusie wordt bevestigd doordat een laag temperatuurniveau in het begin van de teelt juist een negatief effect bleek te hebben op het uitlopen van zij scheuten.

Aantal zij scheuten per nodium hoofdscheut



Figuur 2– Effecten van de verschillende constante behandelingen en wisselingen (zie Tabel 1) op het aantal zij scheuten per nodium van de hoofdscheut. Voor verdere toelichting zie Figuur 1

Aantal blinde zij scheuten



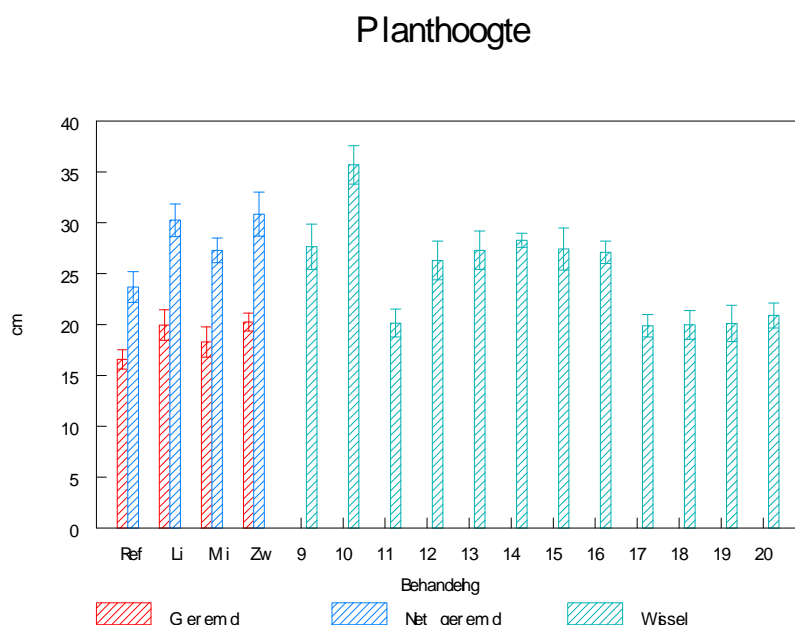
Figuur 3– Effecten van de verschillende constante behandelingen en wisselingen (zie Tabel 1) op het aantal blinde zij scheuten per nodium van de hoofdscheut. Voor verdere toelichting zie Figuur 1.

Wisselingen aan het begin van de korte dag fase bleken sterkere effecten te hebben dan die in bloeistadium 3. Kennelijk is de timing van de wisseling van belang; het vinden van het optimale wisselmoment zou een interessant onderwerp kunnen zijn voor een vervolgstudie. Wat betreft de constante behandelingen 1 t/m 8 en de wisselbehandelingen 9 t/m 12 komt een vergelijkbaar beeld naar voren wat betreft het aantal

gevormde blinde zijscheuten (Figuur 3). Wat betreft de compenserende wisselbehandelingen 13 t/m 20 valt op dat bij wisselingen in het begin van de korte dag fase wat meer blinde scheuten werden gevormd dan bij wisselingen in bloeistadium 3. Kennelijk is de vroege bloei-inductie een gevoelige fase voor de vorming van blinde scheuten. Hetzelfde effect is zichtbaar bij behandeling 9 t/m 12: meer blinde zijscheuten bij 9 en 10 (wisseling bij begin korte dag) dan bij 11 en 12 (wisseling bij bloeistadium 3).

3.3 Planthoogte

Een onverwachte vondst was het effect dat de wisselbehandelingen kennelijk hebben op de planthoogte (Figuur 4). De planten in de wisselbehandelingen zijn in deze proef niet geremd, maar enkele behandelingen hebben planten opgeleverd die ongeveer even compact waren als die in de geremde behandelingen 1, 3, 5 en 7. Hierbij leverden wisselingen in bloeistadium 3 (17 t/m 20) duidelijk kortere planten op dan wanneer aan het begin van de korte dag werd gewisseld (13 t/m 16). Ook bij een eenmalige wisseling van een zware naar een lichte plantbalans in bloeistadium 3 (behandeling 11) ontstonden korte planten. Wisselingen blijken ook ongunstig te kunnen uitpakken en de lengtegroei juist te stimuleren, dit was het geval bij planten die aan het begin van de korte dag werden gewisseld van een lichte naar een zware plantbalans (behandeling 10). De oorzaak van deze effecten is niet bekend; kennelijk is de strekkingsgroei rond bloeistadium 3 erg gevoelig voor wisselingen in temperatuur of plantbalans. Het streven is naar een vermindering van het gebruik van groeiregulatoren in de sierteelt. Daarom zou het de moeite waard zijn om te controleren of dit effect in een herhalingsproef reproduceerbaar blijkt te zijn, en de precieze periode van gevoeligheid nader te karakteriseren.



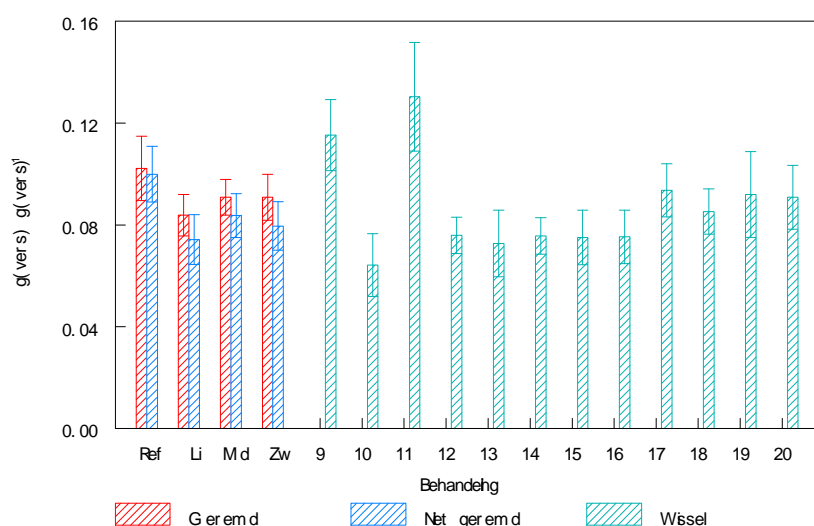
Figuur 4– Effecten van de verschillende constante behandelingen en wisselingen (zie Tabel 1) op de planthoogte (gerekend in cm vanaf de potgrond). Voor verdere toelichting zie Figuur 1

3.4 Bloei

In Figuur 5 is het effect te zien van de verschillende temperatuurbehandelingen op de hoeveelheid biomassa die de plant in bloei investeerde in verhouding tot het versgewicht van de vegetatieve delen. Opvallend is dat alle behandelingen waarin een constante plantbalans werd nagestreefd (behandeling 3 t/m 8; Li, Md en Zw) tot een iets geringere investering in bloemen hebben geleid in vergelijking met de referentiebehandelingen (behandeling 1 en 2; Ref). Verder is in deze groep behandelingen te zien dat het gebruik van remmiddelen (behandelingen 1, 3, 5 en 7) leidde tot iets meer versgewicht in de bloemen. De

gewichtsverhoudingen bij behandeling 9 en 11 laten zien dat het hier niet een algemeen effect van sterk fluctuerende temperaturen betreft: wanneer de planten werden gewisseld van een zware naar een lichte plantbalans bleken de planten relatief de meeste biomassa in de bloemen te investeren, zelfs aanzienlijk meer dan in de referentiebehandeling. De overgang van een lichte naar een zware plantbalans in bloeistadium 3 was in dit opzicht het meest effectief. De tegenovergestelde wisselingen, van een zware naar een lichte plantbalans (behandeling 10 en 12) lieten ook precies het spiegelbeeldige effect zien, waarbij de plant juist relatief weinig biomassa in bloemen investeerde. De compenserende wisselbehandelingen 13 t/m 16, waarbij werd gewisseld aan het begin van de korte dag, lieten een tendens zien dat de planten iets minder in bloemen investeerden, waarbij het niet uitmaakte of eerst naar de lichte of naar de zware plantbalans werd gewisseld. Wanneer deze zelfde wisselingen in bloeistadium 3 werden uitgevoerd (behandelingen 17 t/m 20) bleek het effect neutraal te zijn. Kennelijk is het gewas wat betreft het aanleggen van bloemen in dat stadium beter in staat om afwijkingen te compenseren.

Gewichtsverhouding generatief / vegetatief



Figuur 5– Effecten van de verschillende constante behandelingen en wisselingen (Tabel 1) op de verhouding tussen het versgewicht (g) van de bloemhoofdjes en dat van de rest van de plant op de dag van de eindoogst. Voor verdere toelichting zie Figuur 1

3.5 Gecombineerd resultaat

Wanneer alle effecten samen worden gezien dan kan worden geconcludeerd dat het inderdaad mogelijk lijkt om een betere plant te kweken dan in de referentiebehandeling. Het instellen van een lichte plantbalans in de beginfase van de teelt, gevolgd door een zware plantbalans gedurende de rest van het traject, leidde tot compacte planten met meer volgroeide zij scheuten, minder blinde zij scheuten en een duidelijk hoger aandeel biomassa in de bloemen. Wanneer de overgang van licht naar zwaar bij het ingaan van de korte dag plaatsvond werd de uitloop van zij scheuten iets meer gestimuleerd dan de zwaarte van de bloemen, bij een overgang in bloeistadium 3 profiteerden de bloemen iets meer dan de zij scheuten. Mogelijk leidt het te sterk stimuleren van de uitloop van zij scheuten tot een hogere vegetatieve assimilatievraag, die enigszins ten koste gaat van de uitgroei van bloemen. De tegenovergestelde wisseling van een zware naar een lichte plantbalans resulteerde in het tegenovergestelde effect: lange planten met relatief weinig zij scheuten en relatief weinig biomassa in de bloemen. Het gegeven dat het negatieve effect van de spiegelbeeldige behandeling net zo duidelijk is vormt een stevige bevestiging van de conclusie dat er nog winst te behalen valt in de teelt van Kalanchoe door slim te spelen met de plantbalans.

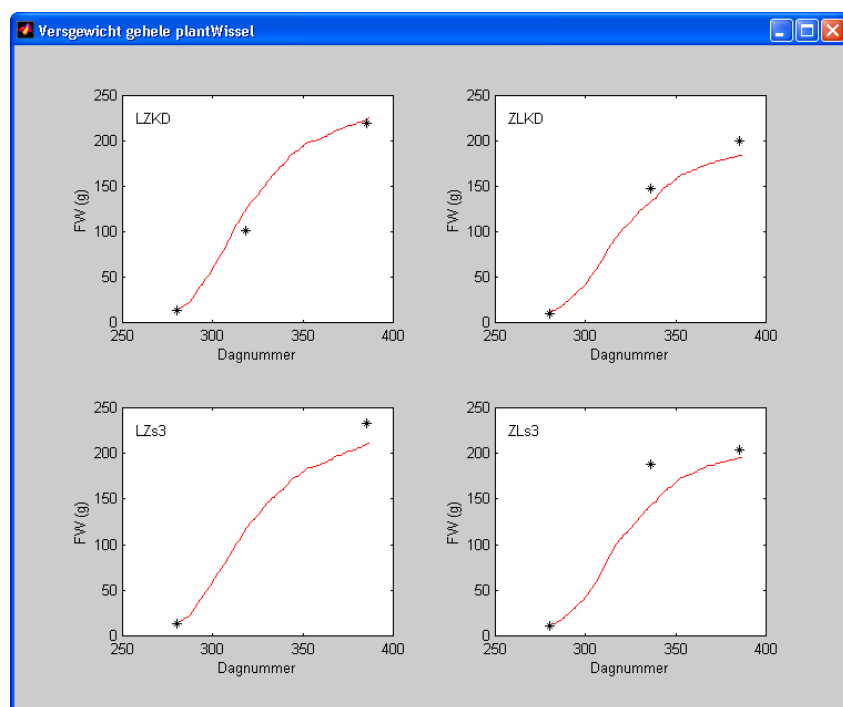
Het model dat in het kader van dit project is ontwikkeld kan hierbij een rol spelen. Het is in dit opzicht interessant om te controleren of het model inderdaad in staat is om de gevonden effecten na te rekenen.

Een functie voor de strekkingsgroei maakt momenteel echter nog geen deel uit van het model. De toetsing moet daarom beperkt blijven tot het simuleren van effecten op totaal plantgewicht, aantal zijscheuten en de allocatie van biomassa naar de bloemhoofdjes.

4 Simulatie van de wisselbehandelingen

Om het teeltverloop van de wisselbehandelingen 9 t/m 12 na te kunnen rekenen werden voor elk van de behandelingen en wisselmomenten datafiles voor licht in de kas en kastemperatuur samengesteld uit de datasets per afdeling. Omdat de behandelingen bestonden uit het kweken van planten bij aanvankelijk de lichte en later de zware plantbalans of omgekeerd, werden de geregistreerde gegevens uit de betreffende afdelingen in stukken geknipt en per behandeling op de juiste wijze gecombineerd. Deze gegevens werden, samen met standaard begincondities voor het gewas, in het model ingevoerd om het teeltverloop in deze wisselbehandelingen na te kunnen rekenen.

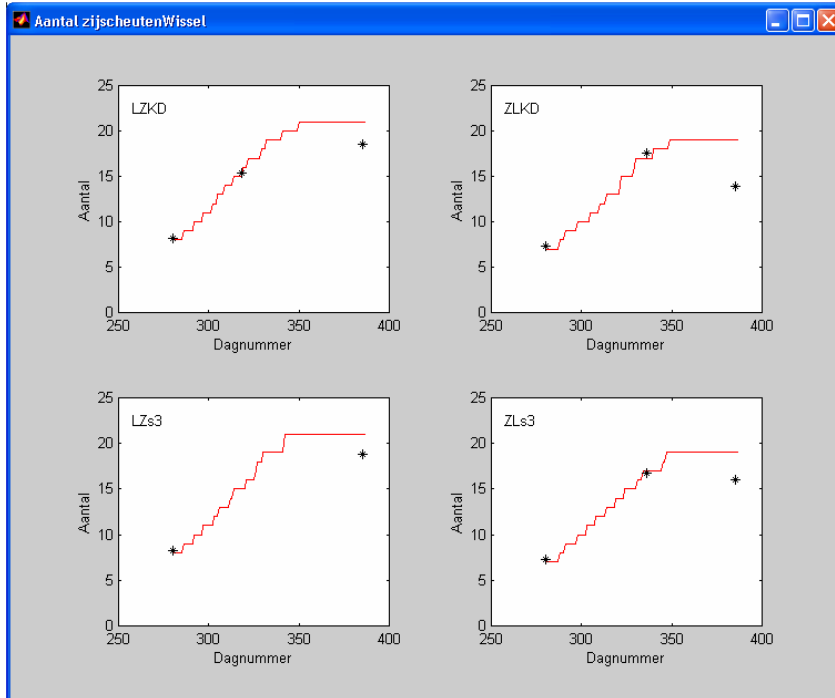
In Figuur 6 is het verloop van het totale versgewicht per plant in de tijd weergegeven. Wisselbehandeling 9 blijkt vrij goed te worden gesimuleerd, voor de overige behandelingen wordt het eindgewicht licht onderschat door het model. De grootste afwijking vormt het punt bij bloeistadium 3 in behandeling 12 (ZLs3), dat erg hoog ligt. Wel correct is het resultaat dat het eindgewicht in de beide wisselbehandelingen van licht naar zwaar (9 en 11; LZKD en LZs3) boven de 200 g uitkomt, terwijl het gesimuleerde eindgewicht voor de tegenovergestelde wisselingen (10 en 12; ZLKD en ZLs3) net onder de 200 g uitkwam. Deze resultaten zijn in overeenstemming met Figuur 1.



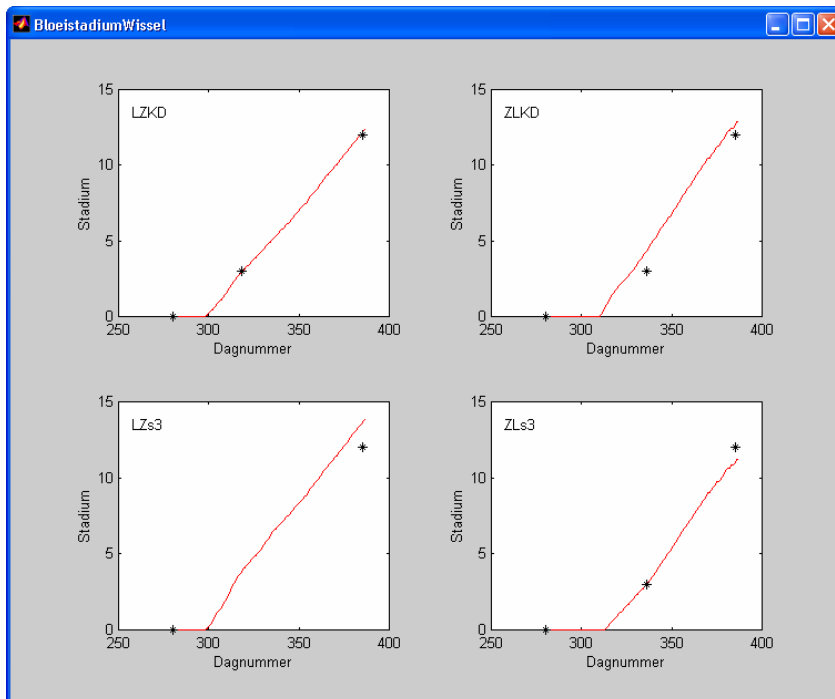
Figuur 6- Gesimuleerd (lijn) en waargenomen (sterretjes) verloop van het totale versgewicht (g) per plant in de wisselbehandelingen 9 (van lichte naar zware plantbalans bij begin KD; LZKD), 10 (van zware naar lichte plantbalans bij begin KD; ZLKD), 11 (van lichte naar zware plantbalans in bloeistadium 3; LZs3), en 12 (van zware naar lichte plantbalans in bloeistadium 3; ZLs3).

Wat betreft het aantal uitgelopen zij scheuten bleek het resultaat van de simulaties wat minder goed in overeenstemming met de gemeten resultaten (Figuur 7). In alle gevallen blijkt het aantal waargenomen zij scheuten bij de eind oogst te worden overschat. De trend dat bij wisselingen van een lichte naar een zware plantbalans (9 en 11; LZKD en LZs3) meer zij scheuten werden gevormd dan bij de tegenovergestelde behandelingen (10 en 12) werd door het model wel goed weergegeven. Bij behandelingen 10 en 12 kwam overigens een tegenstrijdigheid in de waargenomen gegevens aan het licht: in beide gevallen bleek het aantal getelde zij scheuten in bloeistadium 3 hoger te liggen dan bij de eind waarneming. Opmerkelijk is dat in alle drie de gevallen waarin gegevens beschikbaar zijn met betrekking tot het aantal zij scheuten in stadium 3 de simulatieresultaten exact overeenstemmen met de waarneming. De reden voor deze discrepantie is helaas niet meer te achterhalen. In ieder geval zijn de eind waarnemingen door andere onderzoekers uitgevoerd dan de tussentijdse waarnemingen; mogelijk is er

ook sprake geweest van het selectief pakken van meetplanten. Als inderdaad de waarnemingen niet helemaal blijken te kloppen dan kan dat betekenen dat het model de uitloop van zijscheuten toch beter simuleert dan wordt gesuggereerd op grond van deze resultaten.



Figuur 7- Gesimuleerd (lijn) en waargenomen (sterretjes) verloop van het aantal zijscheuten per plant in wisselbehandelingen 9 t/m 12 (voor nadere toelichting zie Figuur 6)



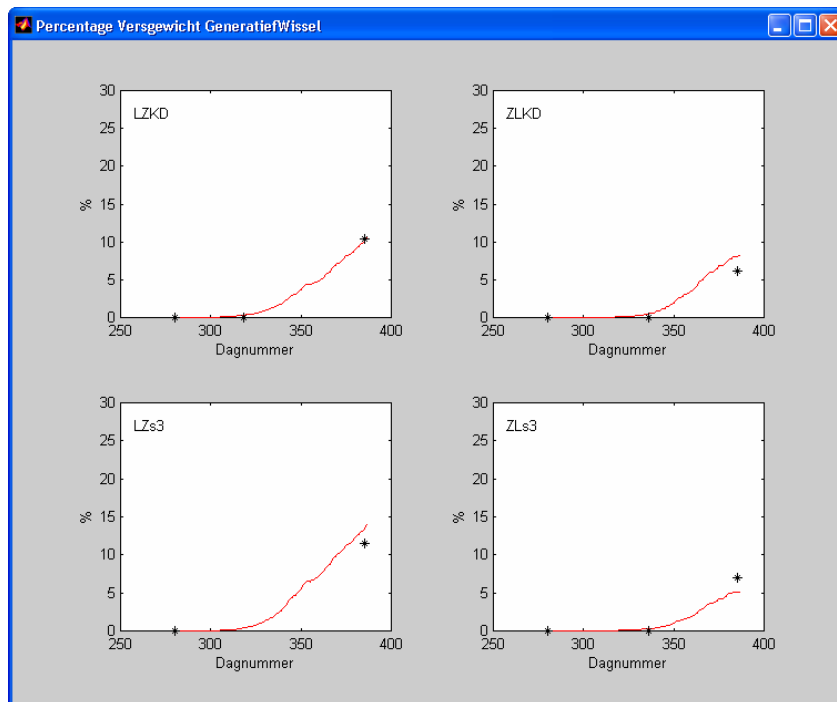
Figuur 8- Gesimuleerd (lijn) en waargenomen (sterretjes) verloop van het bloefstadium in wisselbehandelingen 9 t/m 12 (voor nadere toelichting zie Figuur 6)

Het verdient aanbeveling om het uitlopen van zijscheuten onder wisselende toestanden van de plantbalans nader te toetsen op basis van onafhankelijke datasets. Mogelijk zal hieruit blijken dat de functies in het model die het uitlopen van zijscheuten beschrijven toch wat anders moeten worden gekalibreerd om

rekening te kunnen houden met een mogelijk grotere gevoeligheid van het proces van inductie van zijscheuten voor wisselingen van een lichte naar een zware plantbalans.

Uit Figuur 8 blijkt dat het model het verloop in de tijd van het bloeistadium correct simuleerde. Kennelijk blijft ook bij wisselingen in het niveau van plantbalans de generatieve ontwikkeling eenvoudig recht evenredig met de temperatuur.

In Figuur 9 staat het verloop van het aandeel generatieve biomassa weergegeven. De eenheid (procent van totaalplant versgewicht) verschilt van die in Figuur 5, die de gewichtsverhouding generatief ten opzichte van vegetatief weergeeft. De waargenomen behandelingscontrasten worden door het model goed gesimuleerd.



Figuur 9- Gesimuleerd (lijn) en waargenomen (sterretjes) verloop van het bloeistadium in wisselbehandelingen 9 t/m 12 (voor nadere toelichting zie Figuur 6)

5 Discussie

5.1 Tolerantie voor wisselingen

De resultaten van de hier gerapporteerde wisselproeven bevestigen dat Kalanchoe bijzonder tolerant is voor temperatuursfluctuaties. Zolang de temperatuurafwijkingen maar op de fysiologisch correcte wijze worden gemeten kunnen grote afwijkingen nog goed worden gecompenseerd, zonder dat dit effect geeft op het eindresultaat. Dit blijkt uit het feit dat de resultaten van vergelijkbare maar tegenovergestelde wisselschema's (13 t/m 16 en 17 t/m 20) steeds tot vrijwel exact hetzelfde teeltresultaat leidden. Deze resultaten vormen daarmee tevens een bevestiging van de hypothese die ten grondslag ligt aan dit hele onderzoek, namelijk dat de temperatuur die onder gegeven lichtomstandigheden hoort bij een bepaalde streefwaarde van de plantbalans een solide basis vormt om temperatuurafwijkingen aan af te meten. De consequentie daaruit lijkt inderdaad te zijn dat het aanhouden van een constant temperatuurniveau onder variabele lichtomstandigheden moet leiden tot aanzienlijke fluctuaties in plantbalans.

De conclusie dat het streven naar een constant temperatuurniveau onder variabele lichtomstandigheden zal leiden tot aanzienlijke fluctuaties in plantbalans betekent dat planten al heel wat integratiecapaciteit nodig hebben om de in de praktijk gangbare teeltwijze met vaste temperatuursetpoints te kunnen overleven. Het feit dat telers daar in de praktijk over het algemeen weinig last van hebben vormt in dit licht bezien eigenlijk een sterke bevestiging van de conclusie dat de integratiecapaciteit van Kalanchoe veel groter is dan tot nu toe werd aangenomen. Deze redenering doortrekkend kan worden gesteld dat het gegeven dat het de teeltwijze op basis van vaste temperatuursetpoints in de glastuinbouw in het algemeen een redelijk succesvolle benadering is een sterke aanwijzing vormt dat de grote integratiecapaciteit van Kalanchoe niet uitzonderlijk is. Het moet haast wel zo zijn dat de meeste tuinbouwgewassen beschikken over een grote tolerantie voor tijdelijke temperatuurafwijkingen. Deze tolerantie kan worden benut om energiezuinige klimaatregelaars de optimaliseringsruimte te bieden die nodig is om een nagestreefd temperatuurniveau energiezuinig te realiseren. Het nagestreefde temperatuurniveau kan daarbij worden bepaald door het nagestreefde teeltplan. Dit opent in principe grote perspectieven om energiezuinig telen te koppelen aan een moderne, ketengerichte teeltsturing. Inderdaad blijkt de informatie die nodig is bij het sturen van de teelt naar een van tevoren bepaalde eindspecificatie identiek te zijn aan de informatie die nodig is om de optimaliseringsruimte voor energiezuinige regelaars te bepalen. In principe kunnen de berekeningen ten behoeve van energiebesparing en teeltsturing met het zelfde gewasmodel worden uitgevoerd.

5.2 Gewasmodel

De uitgangspunten waarop de ontwikkeling van het gewasmodel is gebaseerd lijken over het algemeen goed te kloppen. De basale processen groei en ontwikkeling worden behoorlijk goed gesimuleerd. De simulaties kunnen nog worden verbeterd door het model op detailpunten verder uit te werken. Zo bleek bijvoorbeeld dat de berekening van de lichtonderschepping nog aandacht behoeft (deelverslag 3 toetsing gewasmodel). Over het algemeen blijken zowel groei als ontwikkeling zeer robuust te zijn wat betreft tolerantie voor temperatuursfluctuaties. De hypothese dat de balans tussen groei- en ontwikkelingsprocessen bepalend is voor belangrijke kwaliteitsaspecten zoals gevuldheid (uitlopen van zijscheuten) en hoe rijk de plant bloeit (allocatie biomassa generatief) wordt in dit onderzoek in ieder geval kwalitatief bevestigd. Om het model deze kwaliteitsaspecten ook onder extreme omstandigheden in kwantitatief opzicht correct te laten berekenen lijkt het nodig om de onderliggende inductiefuncties en uitgroei karakteristieken nog verder te optimaliseren.

Om volledig aan de informatiebehoefte van de teler te kunnen voldoen is het eigenlijk nodig om ook een

functie voor strekkingsgroei aan het model toe te voegen. Dit is in het kader van het huidige project niet gebeurd omdat strekking een aspect is dat niet direct voortvloeit uit de onderliggende theorie van de plantbalans. Het modelleren van effecten van rembehandelingen is modelmatig behoorlijk ingewikkeld; gelukkig is dit bij moderne rassen vaak niet nodig. De effecten van de verschillende wisselbehandelingen die in dit rapport worden beschreven laten zien dat het mogelijk is om met gericht toegediende temperatuurafwijkingen de strekkingsgroei te beïnvloeden, en op die manier de gewenste compacte plantvorm te realiseren zonder toepassing van remmiddelen. Nader onderzoek op dit gebied zal beslist relevante resultaten op kunnen leveren.

5.3 Stadiumgevoeligheid

Uit de wisselproeven bleek ook dat enkele effecten van sterke temperatuurafwijkingen enigszins stadiumafhankelijk zijn. Vooral aan het begin van de KD lijkt er een fase te bestaan waarin de gevoeligheid tijdelijk wat groter is. Om op dit punt duidelijkheid te krijgen is nader onderzoek nodig. Nu het model eenmaal beschikbaar is kunnen de benodigde gegevens zelfs onder praktijkomstandigheden worden verzameld: bij een constante temperatuur in combinatie met wisselende lichtomstandigheden treden al grote fluctuaties in plantbalans op. Voor het nader karakteriseren van uitgroei-karakteristieken in het model kunnen de waarnemingen worden aangevuld met snoei-proeven, waarbij de aanmaak van assimilaten kan worden gemanipuleerd door middel van wijderzetschema's en bladsnoei, terwijl de assimilatenvraag kan worden gevarieerd door het wegnemen van zijscheuten of bloemhoofdjes.

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 twee secties te verdelen. Jonge planten in de lange dag fase moeten dan in een aparte afdeling een klimaat krijgen dat leidt tot een lichte plantbalans, waarna de planten verhuizen naar een andere afdeling waar in de KD-fase gestuurd wordt op een zware plantbalans. Als verfijning zou het gewas wellicht in een tussenfase nog in een derde afdeling kunnen staan waarin de combinatie lichte balans / KD staat ingesteld. Met huidige mobiele teelt op transporttablets is zoiets in principe al mogelijk.

5.4 Stuurmodel

Bij toepassing van het stuurmodel in deze proeven is voor het berekenen van de balanstemperatuur steeds uitgegaan van de geabsorbeerde hoeveelheid licht. Hierbij werd rekening gehouden met de ontwikkeling van lichtabsorberend bladoppervlak en met het wijderzetschema, zodat de temperatuur vrij nauwkeurig aan het heersende lichtniveau kon worden aangepast. Bij verschillende teeltstadia in een kas is dat niet zonder meer mogelijk, omdat tussen partijen met verschillende plantdatum de efficiëntie van lichtabsorptie anders zal zijn. Wanneer als alternatief het model gaat rekenen op basis van lichtniveau in de kas dan wordt grotendeels de RRT-benadering toegepast, met nog als nuancering het gebruik van een fysiologisch meer correcte lichtresponscurve. Voor het meerekenen met elke specifieke partij kan het model dan nog wel steeds rekenen op basis van geabsorbeerd licht. Met het oog op de geconstateerde wat 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.

5.5 Teeltmaatregelen

In principe heeft een teler bij een gegeven lichtniveau verschillende mogelijkheden om plantbalans te variëren: wijderzetschema en temperatuurniveau. Temperatuur heeft invloed op de teeltsnelheid,

wijderzetten niet. Beide maatregelen hebben effect op het ruimtebeslag van de teelt (week.m²). De effecten zijn complementair: de teler kan kiezen tussen een wat kortere teelt bij een wijd plantverband of een wat langere teelt bij een dichter plantverband. Wat betreft het energieverbruik per m² heeft een lage temperatuur bij een groter aantal potten per m² de voorkeur. De precieze ligging van de relatie tussen plantdichtheid en temperatuurniveau kan met behulp van het model worden berekend.

5.6 Teeltdoel

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. Het optimum hierin is vooral een kwestie van bedrijfsstrategie en op welk segment van de markt een bedrijf zich richt, en van het afwegen van operationele kosten en baten. Deze afweging zal anders uitvallen per seizoen, en moeten worden bijgesteld op basis van bijvoorbeeld gerealiseerd weer. Dit soort berekeningen kan theoretisch niet van tevoren in detail voor een hele teelt worden gedaan. Wel kan als bestek een teeltplan worden geformuleerd, maar om dat plan optimaal te realiseren is het nodig om aan de hand van de geregistreerde voortgang dagelijks een herberekening uit te voeren op basis waarvan eventueel bijstellingen kunnen worden gedaan. In dit opzicht stelt de realiseerbaarheid van het teeltdoel zonder dat grote correcties nodig zijn eigenlijk belangrijke grenswaarden. Grote correcties zullen waarschijnlijk regelmatig ongewenste consequenties hebben wanneer meerdere partijen tegelijk in een afdeling staan. Een stuuractie ten behoeve van het realiseren van het teeltplan van een specifieke partij kan voor andere partijen, die naar een ander einddoel toewerken, juist een verstoring betekenen.

Een optie om te voorkomen dat het realiseren van verschillende teeltplannen tegelijkertijd tot tegenstrijdigheden gaat leiden is om op een bedrijf met transporttabletten een groter aantal afdelingen te hebben die elk op een vaste plantbalans staan ingesteld. De optimaliseringsvraag is dan niet meer hoe de streefwaarden van de plantbalans met behulp van de temperatuurknop op het teeltplan dienen te worden afgestemd, maar meer wat het optimale traject van een partij is door die verschillende afdelingen. Uiteraard zal in elk van die afdelingen de plantbalans-streefwaarde worden vertaald in een meerdaagse temperatuurstreefwaarde voor een optimaliserende stookregelaar zoals Econaut-CTI, die een temperatuurbandbreedte van minstens 16°C kan worden toegestaan om het gewenste niveau van plantbalans met maximale energie-efficiëntie te realiseren.

Literatuur

- Seginer, I., Gary, C., Tchamitchian, M. (1994) - Optimal temperature regimes for a greenhouse crop with a carbohydrate pool: A modelling study. *Sci. Hort.* 60: 55-80
- Van Henten, EJ, (1994) - Greenhouse climate management: an optimal control approach. Proefschrift, Landbouwniversiteit Wageningen.

Bijlage 1 Anovatabellen eindooft Kalanchoe Horst najaar 2003

Single Classification ANOVA's zijn berekend in Genstat. Controle van de kwaliteit van de ANOVA's op homogeniteit en normaliteit van varianties is uitgevoerd met behulp van de grafische methode in Genstat. In het geval van het aantal blinde scheuten was een wortel-transformatie nodig om aan die kwaliteitscriteria te voldoen. Meervoudige vergelijking van behandelingscontrasten werd uitgevoerd met Duncan's multiple range test. Gemiddelden gevolgd door dezelfde letter zijn niet significant verschillend ($P=0.05$).

Behandeling	Omschrijving
Balansen L=licht; M=middel, Z=zwaar	
1	Controle praktijk + remmen
2	Controle praktijk - remmen
3	Licht (L) + remmen
4	Licht (L) - remmen
5	Middel (M) + remmen
6	Middel (M) - remmen
7	Zwaar (Z) + remmen
8	Zwaar (Z) - remmen
9	Wissel L=>Z begin KD
10	Wissel Z=>L begin KD
11	Wissel L=>Z bloeistadium 3
12	Wissel Z=>L bloeistadium 3
13	Wissel 4d M=>L=>Z=>M inductiefase
14	Wissel 4d M=>Z=>L=>M inductiefase
15	Wissel 8d M=>L=>Z=>M inductiefase
16	Wissel 8d M=>Z=>L=>M inductiefase
17	Wissel 4d M=>L=>Z=>M realisatiefase
18	Wissel 4d M=>Z=>L=>M realisatiefase
19	Wissel 8d M=>L=>Z=>M realisatiefase
20	Wissel 8d M=>Z=>L=>M realisatiefase

Vergewicht gehele plant (g)		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	192.2	ab
2	188.1	a
3	207.9	abcd
4	211	bcd
5	195.9	ab
6	199.1	abc
7	225.2	de
8	230.6	e
9	219.1	cde
10	199.4	abc
11	233.2	e
12	203.5	abc
13	198.9	abc
14	194.1	ab
15	198.9	abc
16	200.7	abc
17	192.7	ab
18	194.2	ab
19	196.4	ab
20	195.8	ab

Vergewicht hoofdscheut (g)		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	99.9	abcd
2	98.0	ab
3	98.8	abc
4	97.6	ab
5	101.0	abcd
6	102.9	abcde
7	110.5	de
8	113.6	de
9	100.5	abcd
10	95.4	a
11	104.2	abcde
12	103.0	abcde
13	109.5	cde
14	101.5	abcd
15	107.9	bcde
16	105.2	abcde
17	97.7	ab
18	100.5	abcd
19	99.2	abcd
20	99.8	abcd

Vergewicht zijzscheuten (g)		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	74.6	a
2	73.1	a
3	93.1	cde
4	98.8	de
5	78.6	ab
6	80.9	abc
7	96.1	de
8	99.9	e
9	95.9	de
10	91.8	bcde
11	102.2	e
12	86.3	abcd
13	76.0	a
14	79.0	ab
15	77.0	a
16	81.4	abc
17	78.4	ab
18	78.4	ab
19	80.7	abc
20	79.6	abc

Vergewicht generatieve delen (g)		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	17.8	fg
2	17.0	efg
3	16.1	bcdefg
4	14.6	abcde
5	16.3	bcdefg
6	15.4	bcdef
7	18.7	g
8	17.1	efg
9	22.7	h
10	12.2	a
11	26.9	i
12	14.3	abcde
13	13.5	ab
14	13.6	abc
15	14.0	abcd
16	14.1	abcd
17	16.6	defg
18	15.3	bcdef
19	16.6	defg
20	16.4	cdefg

Drooggewicht gehele plant (g)		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	9.155	ab
2	8.827	a
3	9.875	ab
4	9.885	b
5	9.377	ab
6	9.242	ab
7	10.919	c
8	11.069	c
9	11.126	c
10	9.29	ab
11	11.664	c
12	9.331	ab
13	9.011	ab
14	9.069	ab
15	9.245	ab
16	9.279	ab
17	9.037	ab
18	9.17	ab
19	9.21	ab
20	9.326	ab

Drooggewicht hoofdscheut (g)		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	4.32	abc
2	4.15	a
3	4.33	abc
4	4.25	ab
5	4.43	abcd
6	4.41	abcd
7	4.92	ef
8	5.01	f
9	4.75	cdef
10	4.21	ab
11	4.82	def
12	4.36	abc
13	4.62	bcdef
14	4.41	abcd
15	4.65	bcdef
16	4.53	abcde
17	4.23	ab
18	4.31	abc
19	4.28	ab
20	4.42	abcd

Drooggewicht zij scheuten (g)		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	3.23	a
2	3.17	a
3	4.11	cd
4	4.33	d
5	3.49	ab
6	3.48	ab
7	4.17	cd
8	4.40	d
9	4.33	d
10	3.96	bcd
11	4.47	d
12	3.69	abc
13	3.26	a
14	3.44	ab
15	3.39	a
16	3.52	ab
17	3.37	a
18	3.45	ab
19	3.49	ab
20	3.48	ab

Drooggewicht generatieve delen (g)		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	1.61	de
2	1.51	cd
3	1.44	bcd
4	1.31	abc
5	1.45	bcd
6	1.35	abc
7	1.83	e
8	1.66	de
9	2.05	f
10	1.12	a
11	2.37	g
12	1.28	abc
13	1.12	a
14	1.22	ab
15	1.21	ab
16	1.23	ab
17	1.44	bcd
18	1.41	bcd
19	1.44	bcd
20	1.43	bcd

Drogestofgehalte hoofdscheut (%)		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	3.95	abc
2	3.86	a
3	4.03	bcd
4	4.02	abcd
5	4.02	abcd
6	4.00	abc
7	4.17	d
8	4.11	cd
9	4.44	e
10	4.01	abc
11	4.32	e
12	3.93	ab
13	3.92	ab
14	3.99	abc
15	3.93	ab
16	4.00	abc
17	4.01	abc
18	3.99	abc
19	3.94	ab
20	4.06	bcd

Drogestofgehalte zij scheuten (%)		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	3.84	ab
2	3.82	a
3	4.03	cde
4	4.02	bcd
5	3.97	abcd
6	3.90	abcd
7	4.03	cde
8	4.06	de
9	4.19	de
10	3.90	abcd
11	4.03	cde
12	3.88	abc
13	3.83	a
14	3.89	abcd
15	3.87	abc
16	3.91	abcd
17	3.85	abc
18	4.01	bcd
19	3.95	abcd
20	3.92	abcd

Drogestofgehalte generatieve delen (%)		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	8.94	abcd
2	8.89	abcd
3	8.95	abcd
4	8.98	abcd
5	8.91	abcd
6	8.78	abcd
7	9.80	f
8	9.72	ef
9	9.03	bcd
10	9.20	cd
11	8.82	abcd
12	8.97	abcd
13	8.48	a
14	8.94	abcd
15	8.63	ab
16	8.77	abc
17	8.73	abc
18	9.29	cde
19	8.75	abc
20	8.75	abc

Aantal nodia in de hoofdscheut		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	11.3	efg
2	11	cdefg
3	10.8	bcdefg
4	10.7	bcdef
5	10	ab
6	11.4	fg
7	10.2	abc
8	11.5	fg
9	9.7	a
10	11.4	fg
11	10.2	abc
12	10.8	bcdefg
13	10.3	abcd
14	10.9	cdefg
15	11.1	defg
16	10.4	abcd
17	10.4	abcd
18	11.6	g
19	10.5	abcde
20	11.1	defg

Aantal zijscheuten aan de hoofdscheut		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	15.3	abcd
2	15	abc
3	15.8	bcde
4	13.4	a
5	17.8	defgh
6	17.8	defgh
7	19.8	h
8	18.2	efgh
9	18.5	fgh
10	13.9	ab
11	18.8	gh
12	16	bcdef
13	17	cdefg
14	16.6	cdefg
15	16.8	cdefg
16	16.1	bcdef
17	17.9	efgh
18	18.3	efgh
19	17.3	cdefgh
20	17.3	cdefgh

Aantal zijscheuten per nodium hoofdscheut		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	1.363	abc
2	1.371	abc
3	1.453	bcd
4	1.254	ab
5	1.792	fghi
6	1.568	cdef
7	1.944	i
8	1.579	cdef
9	1.913	hi
10	1.218	a
11	1.849	ghi
12	1.491	cde
13	1.655	defg
14	1.534	cde
15	1.515	cde
16	1.546	cde
17	1.717	efgh
18	1.588	cdef
19	1.648	defg
20	1.551	cde

Aantal blinde zijscheuten		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	1.9	cde
2	1.8	abcde
3	2.8	de
4	2.7	de
5	2.1	bcde
6	2.1	cde
7	0.9	abc
8	1.9	cde
9	1.6	abcde
10	2.5	cde
11	1.3	abcde
12	1.1	abc
13	3	e
14	2.4	cde
15	1.9	cde
16	2.2	cde
17	0.7	a
18	0.7	ab
19	1.6	abcd
20	0.5	a

Vergewicht per cm plantlengte (gFW/cm)			Lengte, gemeten vanaf de potgrond (cm)			Verhouding generatief / vegetatief (gvers/gvers)			Verhouding generatief/vegetatief (gdroog/gdroog)		
Behandeling	Gemiddelde	Significantie	Behandeling	Gemiddelde	Significantie	Behandeling	Gemiddelde	Significantie	Behandeling	Gemiddelde	Significantie
1	11.618	g	1	16.58	a	1	0.10222	fh	1	0.2136	hi
2	7.986	c	2	23.7	d	2	0.09992	fgh	2	0.2078	ghi
3	10.434	ef	3	19.95	c	3	0.08379	bcde	3	0.1703	cde
4	6.971	b	4	30.25	g	4	0.07427	abc	4	0.1526	abc
5	10.743	f	5	18.3	b	5	0.09084	def	5	0.1837	ef
6	7.3	bc	6	27.3	ef	6	0.08366	bcde	6	0.171	cde
7	11.117	fg	7	20.25	c	7	0.09084	def	7	0.2017	fgh
8	7.474	bc	8	30.85	g	8	0.07955	bcd	8	0.1751	de
9	7.975	c	9	27.65	ef	9	0.11524	i	9	0.2249	i
10	5.572	a	10	35.7	h	10	0.06422	a	10	0.1352	a
11	11.642	g	11	20.15	c	11	0.13032	j	11	0.2548	j
12	7.749	bc	12	26.3	e	12	0.07589	abc	12	0.1596	bcd
13	7.306	bc	13	27.3	ef	13	0.0727	ab	13	0.1425	ab
14	6.866	b	14	28.28	f	14	0.07568	abc	14	0.1553	abcd
15	7.266	bc	15	27.42	ef	15	0.07504	abc	15	0.1488	ab
16	7.403	bc	16	27.1	ef	16	0.0753	abc	16	0.1525	abc
17	9.674	de	17	19.9	c	17	0.0936	efgh	17	0.189	efg
18	9.758	de	18	19.97	c	18	0.08523	cde	18	0.181	ef
19	9.82	de	19	20.1	c	19	0.09191	efgh	19	0.1854	ef
20	9.349	c	20	20.9	c	20	0.09085	defg	20	0.1807	ef