

Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen

Samenvatting

Filip van Noort
Fokke Buwalda
Arie de Gelder

© 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
1	INTRODUCTIE 5
2	DOELSTELLING EN FYSIOLOGISCHE ACHTERGRONDEN 6
2.1	doelstelling..... 6
2.2	Fysiologische achtergronden 6
2.2.1	Grenswaarden en streefwaarden..... 6
2.2.2	Plantbalansprincipe 7
3	MODELONTWIKKELING..... 9
3.1	Modelontwikkeling..... 9
3.2	Onderzoek Horst 2002-2003..... 9
3.3	Resultaten..... 10
3.3.1	Begonia 10
3.3.2	Kalanchoë 10
3.3.3	Potchrysan..... 11
3.3.4	Saintpaulia 11
3.4	Modelprincipes 12
3.5	Model validatie 12
3.5.1	Toetsing model..... 12
3.5.2	Resultaten Kalanchoë 13
3.5.3	Resultaten Potchrysan..... 16
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 17
5	BIJLAGE 1 – RESULTATEN WISSELPROEVEN KALANCHOE..... 19
	Gecombineerd resultaat..... 21

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 projectplan is in 2000 opnieuw geformuleerd met een focus op bloeiende potplanten. Het projectvoorstel is uiteindelijk goedgekeurd door de financiers NOVEM, PT en LNV.

Deze samenvatting geeft een overzicht van de resultaten behaald in dit omvangrijke project. Voor een uitgebreide rapportage wordt verwezen naar de officiële rapporten en deelrapporten van het project.

De complete rapportage bestaat uit:

Rapport 1: Grenswaarden voor temperatuurintegratie. Een definitiestudie. PPO GT 12053

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

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

Rapport 4: 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 Kalanchoë PPO 41505074-3
Deelverslag 4: Vergelijking van verschillende teeltscenario's voor Kalanchoe PPO 41505074-4
Deelverslag 5: Mogelijkheden bij Potchrysan, Begonia en Saintpaulia

Rapport 5: Eindevaluatie

2 Doelstelling en fysiologische achtergronden

2.1 doelstelling

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.

2.2 Fysiologische achtergronden

Bij een moderne, marktgerichte teeltwijze wordt er naar gestreefd om op een vooraf geplande datum een partij planten bepaalde met een bepaalde omvang, eindgewicht en (uitwendige) kwaliteit te kunnen leveren. Of die partij planten op die bepaalde dag klaar zal zijn, en of de partij ook nog de gewenste eigenschappen zal hebben, is afhankelijk van het verloop van de teelt en de invloed die de teler daar gedurende de teelt op heeft uitgeoefend. Bij het reizen is bijvoorbeeld de afgelegde afstand afhankelijk van snelheid en tijdsduur van het verplaatsingsproces. Of de snelheid gedurende de reis constant is geweest is daarbij niet zo belangrijk. Als in het begin te veel tijd wordt verloren dan kan echter het gebeuren dat het van wege de maximumsnelheid onmogelijk wordt om nog op tijd het reisdoel te bereiken. Op een vergelijkbare manier zijn einddatum, eindgewicht en eindkwaliteit van een teelt afhankelijk van de snelheid en tijdsduur van fysiologische processen zoals assimilatie, ademhaling, uitgroei van organen, generatieve ontwikkeling, etc. Om het eindresultaat te beïnvloeden moet een teler in feite in de loop van de teelt deze fysiologische processen zien te sturen. Een nauw hiermee verbonden vraag is hoe ver je met deze processen van de gewenste koers mag afwijken zonder dat daardoor het gestelde teelt doel onbereikbaar wordt. Afwijkingen kunnen ontstaan als gevolg van wisselende weersomstandigheden of door temperatuurafwijkingen in de kas, die op kunnen treden door het geven van optimalisatie ruimte aan klimaatregelaars die gebruik maken van temperatuurintegratie. Ook hier is de vraag welke invloed het de snelheden van die fysiologische processen op een bepaald moment hebben op het eindresultaat. Een gewasmodel dat de meest relevante processen goed beschrijft kan een belangrijk hulpmiddel zijn bij het voorspellen van deze effecten.

Enkele belangrijke kwaliteitsaspecten van sierteeltgewassen blijken samen te hangen met de verhouding tussen de snelheid van groei- en ontwikkelingsprocessen. Met de klimaatcomputer kan deze balans worden beïnvloed, waarbij lichtniveau, temperatuurniveau en wijderzetschema de belangrijkste invloedsfactoren zijn. Een verdere belangrijke invloedsfactor is de toestand van het gewas zelf, die wordt bepaald door de leeftijd van de plant en de voorgeschiedenis. Het feit dat de manier waarop een plant op zijn omgeving reageert afhankelijk is van de toestand van de plant is een belangrijk gegeven. Het sturen van het gewas wordt hierdoor een dynamisch probleem, waarbij de voorgeschiedenis invloed heeft op hoe de plant nu reageert, en de effecten van stuuracties die nu worden uitgevoerd doorwerken in de toekomst. Om goed met dit effect rekening te kunnen houden volstaat een teeltrecept niet; hiervoor is een dynamisch gewasmodel nodig. In de potplantenteelt kan het sturen van de plantbalans worden gebruikt om een plant met een van tevoren bepaalde eindkwaliteit (sierwaarde) te kweken, of om de ontwikkelingssnelheid zo te sturen dat het gewas op een vooraf bepaalde datum veilingrijp is.

2.2.1 Grenswaarden en streefwaarden

Uit eerder onderzoek is gebleken dat in een breed gebied afwijkende temperaturen tijdens de teelt niet tot schade leiden, zelfs in de meeste gevallen niet tot groeiremming. Over het algemeen bleken bij de meeste gewassen temperatuurafwijkingen vooral te leiden tot een iets ander planttype; vaak werd ook de einddatum

beïnvloed. Deze algemene trend is in dit onderzoek bevestigd. Soms waren de effecten gunstig, in andere gevallen onwenselijk, vaak echter was er helemaal geen meetbaar effect. Kennelijk kunnen effecten van afwijkingen meestal worden gebufferd of gecompenseerd. Tegen deze achtergrond is de volgende definitie opgesteld van de grenswaarden voor temperatuurafwijkingen:

Een grenswaarde voor temperatuurafwijkingen is grootste afwijking die net nog niet leidt tot een meetbaar en niet meer te compenseren effect op het teeltresultaat. De bandbreedte is de afstand tussen de onder- en bovengrenswaarde.

Temperatuurafwijkingen worden altijd afgemeten aan een streeftemperatuur. Naast de bandbreedte voor de teelttemperatuur wordt een bandbreedte voor de temperatuursom gespecificeerd. De temperatuursom is het gebied tussen het maximaal toelaatbare warmtetekort en het maximaal toelaatbare warmteoverschot en wordt gemeten in graaduren (1 graaduur staat voor een afwijking van 1°C gedurende 1 uur) ten opzichte van de gewenste temperatuur. Onderzoek uit het verleden heeft laten zien een bandbreedte van 8 - 10°C voor stoken en ventileren en 300 graaduren speling in de temperatuursom, geen meetbare effecten op de plant gaf.

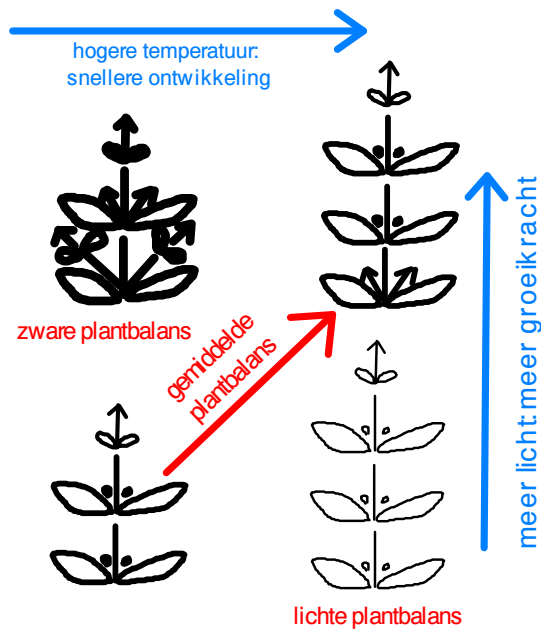
Hierbij kwam wel een belangrijke complicatie aan het licht: effecten van temperatuur en temperatuurafwijkingen zijn niet constant, maar blijken onder andere afhankelijk te zijn van de dagelijkse lichtsom! Daar waar in onderzoeken wel effecten optraden, betrof het in de eerste plaats effecten op de plantvorm en niet op de groei. Bij hoge temperatuur en weinig licht werd de generatieve ontwikkeling geremd door een tekort aan assimilaten.

De beschikbare bandbreedte kan worden benut om energiebesparing te realiseren door speelruimte te geven aan een stooktechnisch optimaliserende klimaatregelaar. Hoe meer ruimte aan een dergelijke regelaar wordt gegund, des te groter de energiebesparing die kan worden gerealiseerd. Om alle mogelijkheden van temperatuurintegratie te kunnen benutten is het dan wel van groot belang om een streeftemperatuur te kiezen ten opzichte waarvan de effecten van temperatuurafwijkingen redelijk constant en voorspelbaar zijn. Besloten is om hiervoor meer te kijken naar de temperatuurbehoefte van het gewas dan naar de temperatuur zoals die wordt voorgeschreven door conventionele teeltrecepten. Om theoretisch vat te krijgen op die temperatuurbehoefte is het plantbalansprincipe geformuleerd.

2.2.2 Plantbalansprincipe

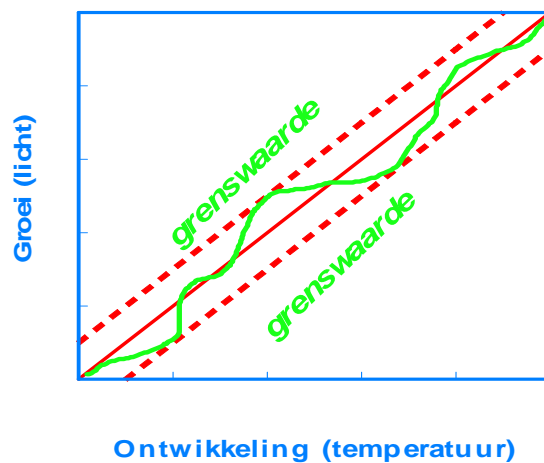
De centrale gedachte achter het plantbalansprincipe is dat het uiterlijk van een plant sterk wordt bepaald door de verhouding tussen groei- en ontwikkelingsprocessen (fig. 1). Groei (gewichtstoename) wordt vooral bepaald door licht, ontwikkeling door temperatuur. Afwijkingen van een bepaalde balans zetten aanpassingsmechanismen in werking die zorgen dat de plant er anders uit komt te zien. Dit verklaart ook het effect van het lichtniveau op de grenswaarden voor temperatuurafwijkingen. De ontwikkelingssnelheid bepaalt de bloei-inductie en het tempo waarin de plant nieuwe onderdelen zoals bladeren aanmaakt, groei bepaalt hoeveel biomassa er beschikbaar is om over de verschillende onderdelen te verdelen. Bij elke waarde van de balans tussen groei en ontwikkeling hoort een bepaald typisch standaardtraject waarlangs dat type plant zich zal ontwikkelen (fig. 2). Het planttype kan vooral worden beschreven door verhoudingen, namelijk door de verhoudingen tussen:

- verhouding gewicht/lengte (per plant of per phytomeer (stukje stengel met blad en okselknop))
- generatieve groei als percentage van totale groei
- zijsheutgroei als percentage van totale groei
- verhouding droog/versgewicht
- verhouding spruit/wortel



Figuur 1 - Hoe fors een plant zal uitgroeien en of de okselknoppen in een bepaalde periode zullen uitlopen kan alleen worden verklaard als een gecombineerd effect van de factoren licht, temperatuur en de concurrentieverhoudingen tussen de uitgroeïende onderdelen (zie figuur).

Overigens is het niet zo dat er één optimaal type plant bestaat, en dat elke afwijking daarvan 'fout' zou zijn. Integendeel, de keus is juist aan de teler, die zelf zijn teeltdoel mag kiezen op basis van zijn bedrijfsprofiel, teeltkosten en de heersende afzetcondities.



Figuur 2 - Het verband tussen plantbalans, licht en temperatuur en de ligging van de grenswaarden voor temperatuurintegratie.

De doorgetrokken rode lijn is de gekozen plantbalans; de rode stippellijnen geven de grenswaarden aan; de groene lijn laat een willekeurig traject zien waarlangs een gewas zich kan ontwikkelen ten opzichte van de balanslijn

3 Modelontwikkeling

3.1 Modelontwikkeling

Voor de modelontwikkeling is eerst een definitiestudie uitgevoerd. Vervolgens is het eerste concept model geschreven en gekalibreerd. In dit model is de kennis die gebruikt is in andere modellen uiteraard toegepast. 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.

3.2 Onderzoek Horst 2002-2003

Voor het bouwen van het model om ontwikkeling van het gewas te sturen is informatie nodig over de reactie van planten op teelt bij verschillende temperatuur in combinatie met verschillende lichtniveau's. Er zijn in Horst 2 experimenten uitgevoerd. De eerste teelt werd uitgevoerd van week 35, 2002 tot en met week 2, 2003. De tweede teelt werd uitgevoerd van week 3 tot en met week 19, 2003.

Tabel 1 - Behandelingsfactoren potchryasant "Swingtime" en Kalanchoë "Tenorio" in de eerste en tweede teelt

Proeffactor	Aantal niveaus	Beschrijving
Kastemperatuur	4	Ingesteld op:
		- 16°C
		- 19°C
		- 19°C (standaard afdeling)
- 22°C		
Behandeling	3	16, 19 en 22°C afdeling:
		- LD 19°C , remmen
		- LD 19°C , niet remmen
	- blijven staan	
	2	Standaard afdeling:
		- LD 16, 19 of 22°C , remmen
- LD 16, 19 of 22°C , niet remmen		
- blijven staan		
Lichtniveau	2	- Belicht 6 W/m ² P.A.R.-licht
		- Onbelicht
Herhaling	3	- 16, 19 en 22°C afdeling
	2	- Standaard afdeling

Begonia en Saintpaulia stonden tijdens beide teelten in de randrij en zijn minder uitgebreid getoetst. Er werden bijvoorbeeld geen planten tussen afdelingen gewisseld en de remstrategieën waren minder uitgebreid. Voor Begonia werd in de 1^e teelt "Baladin" en tweede teelt begonia "Bela" gebruikt en bij Saintpaulia werd 'Sonja' in beide teelten gebruikt. In de standaardafdeling werd in de lange dag fase niet belicht. Van Potchrysenten en Kalanchoë werden bij aanvang van de korte dag planten verplaatst vanuit de standaardafdeling (19°C) naar één van de drie andere afdelingen en omgekeerd. De helft van de verplaatste planten werd gedurende het verdere verloop van de teelt naar behoefte geremd. Van Saintpaulia en Begonia werden geen planten gewisseld. Alles werd in 2 of 3 herhalingen uitgevoerd. Gedurende de teelt zijn de planten naar behoefte wijder gezet tot eindafstand.

3.3 Resultaten

3.3.1 Begonia

gewicht

In beide teelten leidde een hoger lichtniveau tot een hoger versgewicht van de zij scheuten. Een hogere temperatuur leidde in de eerste teelt ook tot een hoger versgewicht van de zij scheuten. Na de tweede teelt was er weinig verschil tussen de versgewichten bij de verschillende temperaturen. Aangezien er in de tweede teelt slechts één keer geremd hoefde te worden bij één behandeling zijn er geen resultaten van het effect van remmen op de groei en ontwikkeling van begonia "Bela".

reactietijd

Belichten leidde in alle gevallen tot een kortere reactietijd in vergelijking met de onbelichte behandeling. Een hogere temperatuur leidde in de meeste gevallen ook tot een afname van de reactietijd. Het remmen van de planten in de eerste teelt leverde een vertraging op van maximaal 13 dagen.

kwaliteit

Aan het einde van de teelt werd het eindproduct beoordeeld op een aantal kwaliteitscriteria. Aan het einde van de eerste teelt kon geconcludeerd worden dat de planten die bij een temperatuur van 16°C geteeld waren, kleiner en minder gevuld waren in vergelijking met de planten geteeld bij een hogere temperatuur. Tijdens de tweede teelt werden de planten in een vroeg stadium generatief. De verhouding blad/bloem was bij deze planten niet goed. Bij de planten die werden geteeld bij 16°C werden veel bloemen waargenomen die niet gevuld waren.

3.3.2 Kalanchoë

gewicht

Meer licht in bijna alle gevallen leidt tot een hoger verhoudingsgetal, dus tot een hoger gewicht per centimeter. Een hogere temperatuur leidt in alle gevallen tot een lager verhoudingsgetal, dus een lager versgewicht per centimeter. Een hoge temperatuur in combinatie met een hoog lichtniveau gaf in alle behandelingen een lager versgewicht per centimeter planthoogte in vergelijking met een lage temperatuur en een hoog lichtniveau. De geremde behandeling met een laag of hoog lichtniveau in combinatie met een lage temperatuur gaf het hoogste versgewicht per centimeter planthoogte. Een hoog lichtniveau heeft bij alle behandelingen, uitgezonderd de geremde behandeling bij 22°C, geleid tot een hoger versgewicht. Een hogere temperatuur leidde in alle behandelingen tot een lager versgewicht aan het einde van de teelt. De combinatie van een lage teelttemperatuur en een hoog lichtniveau leidde tot de zwaarste planten.

zij scheuten

Een temperatuur van 22°C in combinatie met een hoog lichtniveau te leiden tot een afname van het aantal zij scheuten. Een temperatuur van 19°C in combinatie met een hoog lichtniveau leidde daar in tegen tot een lichte toename van het aantal zij scheuten ten opzichte van de 16°C behandeling met een hoog lichtniveau. Bij een laag lichtniveau leidde een hogere temperatuur tot een afname van het aantal zij scheuten. Een hoog lichtniveau leidde in bijna alle gevallen tot een toename van het aantal zij scheuten ten opzicht van een laag lichtniveau.

reactietijd

Een hoog lichtniveau leidt tot een afname van de reactietijd en dus een versnelling van de teelt. Ook een hogere temperatuur leidde tot een afname van de reactietijd. De belichte behandeling in combinatie met een hoge temperatuur gaf dan ook in alle behandelingen de kortste reactietijd.

kwaliteit

De lage teelttemperatuur van 16°C leidde dan wel tot een verlenging van de teeltduur, kwalitatief was het eindproduct van zowel de belichte als de onbelichte behandeling zeer goed te noemen. De nodiën waren kort en de planten waren goed gevuld. De planten die gedurende de korte dag fase bij 22°C gestaan hadden en tijdens de teelt geremd werden te gerekt onderin de plant. Hierdoor ontstond een graterige plant van een slechte kwaliteit.

3.3.3 Potchrysan

gewicht

Meer licht leidt tot een hoger gewicht per centimeter. Een hogere temperatuur leidt in bijna alle gevallen tot een lager verhoudingsgetal, dus een lager gewicht per centimeter. Een hoge temperatuur in combinatie met een hoog lichtniveau gaf in alle behandelingen een lager versgewicht per centimeter planthoogte in vergelijking met een lage temperatuur en een hoog lichtniveau. Het totale versgewicht aan het einde van de teelt weergegeven voor de verschillende behandelingen. Een hoog lichtniveau heeft bij alle behandelingen geleid tot een hoger versgewicht. Er werd geen duidelijk effect gevonden van de temperatuur op het totale versgewicht aan het einde van de teelt. Bij de behandeling waar geremd werd, leidde een lage temperatuur wel tot een hoger versgewicht.

zijscheuten

Een hogere temperatuur leidt in alle gevallen tot een hoger aantal tweede orde zijscheuten. Een hoger lichtniveau leidt ook in alle gevallen tot een hoger aantal tweede orde zijscheuten. Een hoge temperatuur in combinatie met een hoog lichtniveau gaf in alle behandelingen het hoogste aantal tweede orde zijscheuten.

reactietijd

Belichten in de eerste teelt in bijna alle gevallen leidde tot een kortere reactietijd. Verhogen van de temperatuur leidde tot een afname van de reactietijd. Bij de hoogste temperatuur van 22°C werd de reactietijd echter weer langer. Het remmen leidde in de meeste gevallen tot een langere reactietijd in vergelijking met de andere behandelingen. Belichten in de tweede teelt in alle gevallen leidde tot een kortere reactietijd. Verhogen van de temperatuur leidde ook in alle gevallen tot een afname van de reactietijd. De combinatie van belichten en een hogere temperatuur leidde in alle behandelingen tot de kortste reactietijd. Het remmen had in deze teelt geen effect op de reactietijd. De reactie in beide teelten is niet gelijk.

bloemkleur

Er een duidelijk effect van de verschillende behandelingen zichtbaar op de bloemkleur. De behandeling met de laagste temperatuur in combinatie met een laag lichtniveau gaf een mooie bronskleurige bloem. Hoe hoger de temperatuur en het lichtniveau hoe meer de bloemen verkleurde naar geel.

3.3.4 Saintpaulia

gewicht

Belichten leidde in bijna alle gevallen in zwaardere planten. Verder gaf een teelttemperatuur van 22°C in beide teelt een lichtere plant aan het einde van de teelt. Belichten gaf planten met een hoger generatief versgewicht in vergelijking met de onbelichte behandeling. Een hogere temperatuur gaf in bijna alle gevallen planten met een lager generatief versgewicht. Een teelttemperatuur van 19°C in combinatie met een hoog lichtniveau gaf echter het hoogste generatieve versgewicht.

teeltduur

Uit de resultaten komt duidelijk naar voren dat belichten een versnelling van de teelt gaf. Ook een verhoging van de temperatuur leidde tot een snellere teelt. De combinatie van belichten en een hoge temperatuur (22°C) gaf in beide teelten de kortste teelt, respectievelijk 57 dagen in de eerste teelt en 69 dagen in de tweede teelt.

Kwaliteit

Aan het einde van de teelt werd het eindproduct beoordeeld op een aantal kwaliteitscriteria. Aan het einde van de eerste en tweede teelt kon worden geconcludeerd dat de planten die bij een temperatuur van 16°C

geteeld waren, zeer bros blad hadden. De kwaliteit van deze planten was van een dusdanig niveau dat veilen niet mogelijk was. Ook vertoonden planten bij deze temperatuur in de tweede teelt veel zogenaamde dubbele bloemen.

3.4 Modelprincipes

Voor het gewas Kalanchoe is een dynamisch gewasmodel ontwikkeld. Het model beschrijft de uitgroei van afzonderlijke onderdelen van de plant: bladeren en stengels, okselknoppen en bloemen. Of de okselknoppen uitgroeien of niet is afhankelijk van de plantbalans, vooral van de vraag hoeveel assimilaten de plant over heeft om in de breedte uit te groeien. Of bepaalde okselknoppen gevoelig zijn om uit te kunnen groeien hangt af van het ontwikkelingsstadium van het bladpaar waar ze bij horen. Te jonge okselknoppen kunnen nog niet uitlopen. Daarna volgt een gevoelige periode. Zijn de okselknoppen na een bepaald ontwikkelingsstadium nog niet gewekt, dan verliezen ze het vermogen om uit te groeien. De potentiële groei van de bloemschermen aan de hoofdscheut en individuele zijscheuten wordt bepaald door de zwaarte per scheut. Hoe zwaar de bloemschermen uiteindelijk werkelijk worden hangt af van de potentiële groei, de beschikbaarheid van assimilaten en van competitie-effecten tussen de bloemschermen onderling en met de rest van de plant. Ontwikkelingsprocessen zijn allemaal temperatuurafhankelijk: hoe hoger de temperatuur, des te sneller het proces zal verlopen.

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 2– 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.

3.5 Model validatie – onderzoek Horst 2003 – 2004

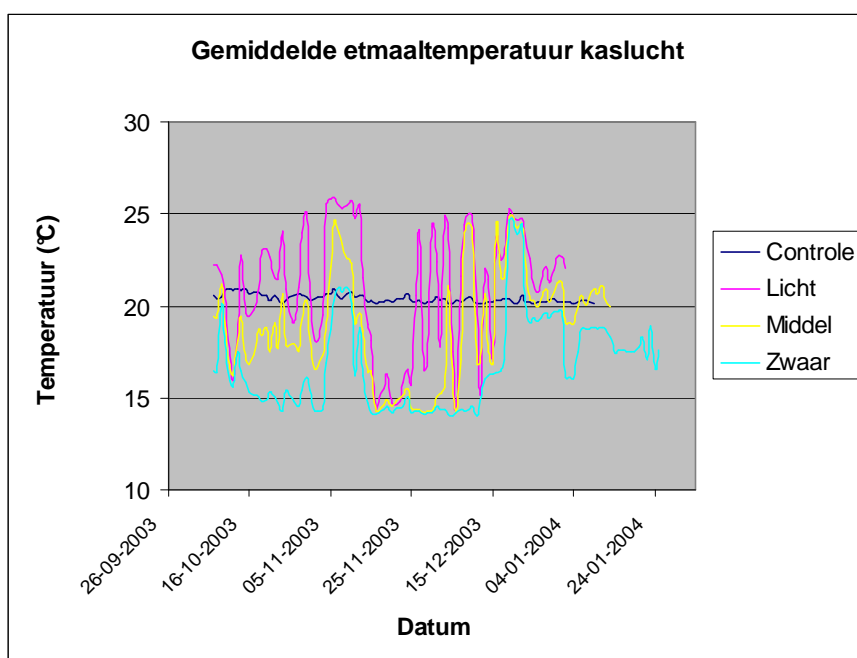
3.5.1 Toetsing model

Aan de hand van de resultaten van de 'Horstproeven 2002/2003' zijn de verschillende processen in het plantbalansmodel gecalibreerd. Om de geldigheid van het model en het achterliggende principe aan te tonen is in het seizoen 2003-2004 in Horst onderzoek gedaan. Dat onderzoek werd uitgevoerd met Kalanchoë 'Tenorio' en Potchrysan 'Swing Time', waarbij het zwaartepunt in het onderzoek bij Kalanchoë lag. Getest werd of het model in staat is om het klimaat zo te sturen dat in drie afdelingen verschillende

balanstoestanden worden gehandhaafd, namelijk een zware, normale en lichte plantbalans (lees: uitwendige kwaliteit). Om te onderzoeken of effecten van afwijkingen van een bepaalde plantbalans compenseerbaar zijn, zijn planten gewisseld tussen verschillende balanstemperaturen (zie tabel 1). De wisselingen werden uitgevoerd in verschillende stadia (na begin KD en in stadium 3: gaafrandige blaadjes zichtbaar) en gedurende verschillende tijdsduren (4 en 8 dagen). Voor de toetsing van het model is achtereenvolgens is gekeken naar groeiprocessen, ontwikkelingsprocessen en kwaliteitsbepalende processen, vooral het uitlopen van zijscheuten en de hoeveelheid biomassa, die de plant in bloei investeerde.

3.5.2 Gerealiseerd klimaat

Het model werd gebruikt om dagelijks, bij een gegeven instralingsniveau, de temperaturen te berekenen die horen bij de drie nagestreefde niveaus van plantbalans: licht, middel en zwaar. Vooral de factor licht bleek een sterke invloed te hebben op de ligging van de balanstemperaturen. Ondanks het zeer extreme temperatuurverloop dat hieruit ontstond (fig. 3) zijn zowel voor Kalanchoe als voor potchrysan goede gewassen geteeld en was er van schade of opbrengstvermindering geen sprake.



Figuur 3 – Verloop van de gemiddelde etmaaltemperatuur van de kaslucht (°C) per afdeling, gemeten op gewasniveau.

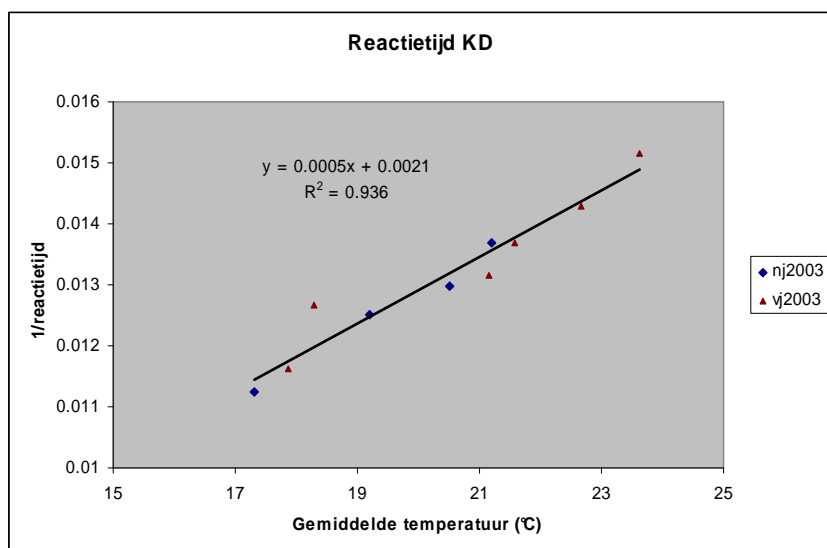
Betekenis van de legenda:

Controle = conform praktijk;
Licht, Middel en Zwaar geven de door het stuurmodel nagestreefde plantbalans aan.

3.5.3 Resultaten Kalanchoë

groei

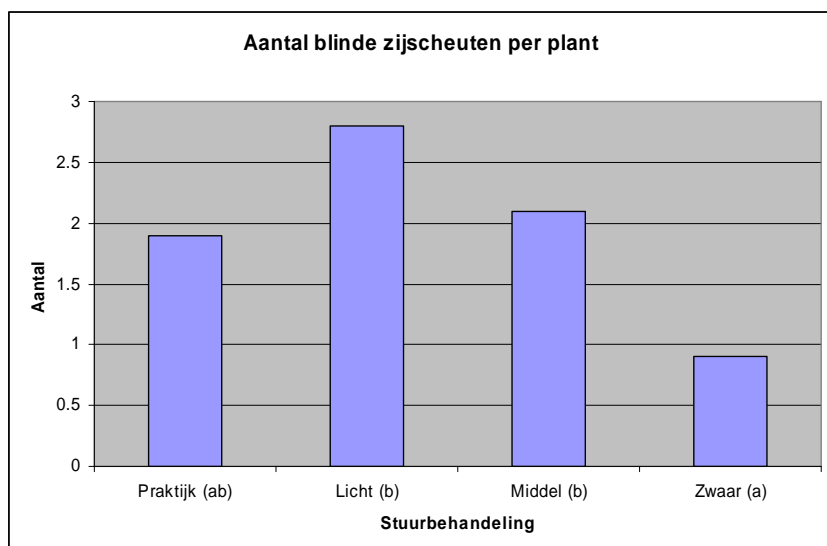
Door analyse van de resultaten is geconstateerd dat de invloed van de fysiologische toestand van het stekmateriaal op de groei vrij beperkt is. Ontwikkelingsprocessen worden in het model beschreven door graaddagenfuncties. De achterliggende aanname is dat de ontwikkelingssnelheid recht evenredig is met de temperatuur. Het feit dat datapunten uit een teelt met constante temperaturen op precies de zelfde lijn bleken te liggen als die uit een proef met extreme temperatuurswisselingen (zie fig. 4) toont aan dat de ontwikkelingssnelheid van Kalanchoe in een zeer breed temperatuurbereik inderdaad eenvoudig recht evenredig is met de temperatuur. De gegevens wat betreft uitgroei van internodiën waren hiermee in overeenstemming. Een belangrijk nieuw gegeven is dat het aantal zijscheuten dat onderontwikkeld blijft ('blinde' scheuten) een duidelijk verband bleek te houden met de nagestreefde plantbalans (fig. 5). Duidelijk is dat 'blinde' scheuten, net als scheuten die helemaal worden overgeslagen, een belangrijke rol in negatieve zin spelen bij de bepaling van de sierwaarde (gevuldheid) van de plant.



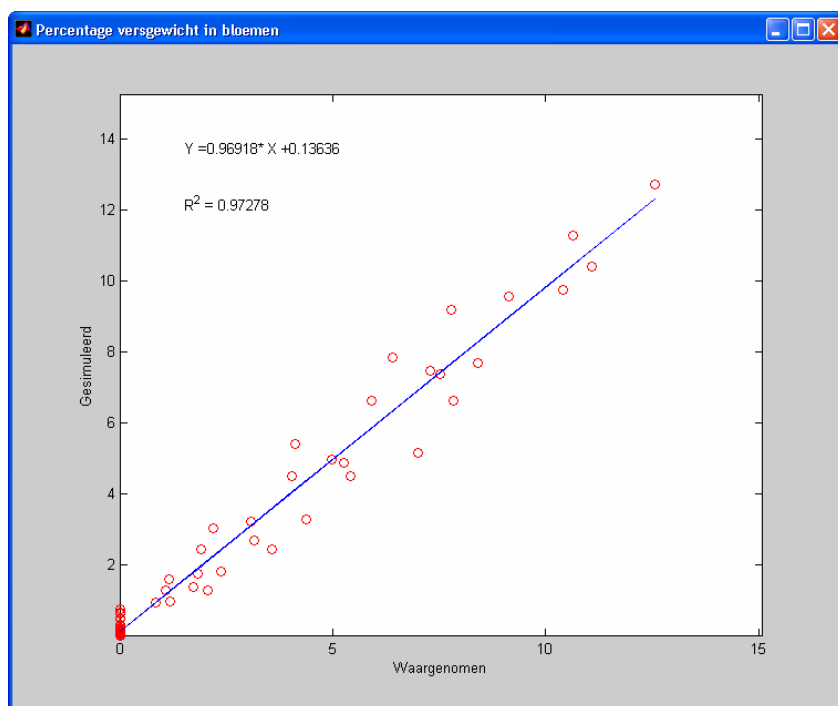
Figuur 4 - De generatieve ontwikkelings-snelheid ($1 / \text{reactietijd}$ in dagen) uitgezet tegen de gemiddelde temperatuur tijdens de korte dag periode. Driehoekjes: gegevens uit de teelt met 3 temperaturniveaus en 2 lichtniveaus in het voorjaar van 2003 (temperatuurbreedte ca. 2°C); ruitjes: gegevens uit de stuurproef in het najaar van 2003 (temperatuurbreedte 16°C). De vergelijking staat voor de gefitte regressie op de gecombineerde gegevens van de twee proeven; R^2 is het percentage variatie verklaard.

bloei

Wat betreft het doorlopen van de bloeistadia: deze stadia zijn ooit eens ontworpen door de periode vanaf het zichtbaar worden van de eerste gaafrandige generatieve blaadjes tot aan het veilingrijpe stadium in 10 gelijke delen te verdelen. Wat betreft de dataset afkomstig uit voorjaar 2003 bleek deze beschrijving tot stadium 10 vrijwel perfect. Wat betreft het uitlopen van zij scheuten, de gewichtsverdeling over hoofdscheut en zij scheuten en de hoeveelheid biomassa die in de bloemhoofdjes terecht kwam (fig. 6) bleek het model behoorlijk goed in staat om de waargenomen trends in de verschillende proeven te simuleren.



Figuur 5 - Aantal onderontwikkelde zij scheuten per plant in het veilingrijpe stadium in de stuurproef van najaar 2003. In de praktijkbehandeling werd het klimaat conform praktijk geregeld, licht, middel en zwaar zijn de niveaus van plantbalans die het stuurmodel nastreefde. Behandelinglabels gevolgd door de zelfde letter zijn statistisch niet significant verschillend.



Figuur 6 - Het percentage versgewicht van de gehele plant dat wordt vertegenwoordigd door de bloemen zoals berekend door het model, uitgezet tegen de waargenomen waarden in de proef van voorjaar 2003. De gegevens betreffen resultaten van planten geteeld bij drie temperaturniveaus (16, 19, 22°C), met of zonder assimilatiebelichting.

Energie

In het onderzoek is een energiebesparing van 10% aangetoond. 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 MTI-regelaar die deze setpoints vertaalde naar stook- en luchttemperatures. Zou de volledige temperatuurbandbreedte van 13 - 29°C die in dit experiment is gebleken als regelruimte beschikbaar worden gesteld aan een optimaliserende kastemperatuurregelaar, dan zou aanzienlijk veel meer besparing mogelijk zijn. Bij een dergelijke bandbreedte kwamen De Zwart en Van der Braak (2001) tot berekende besparingspercentages van 40%.

Wisselbehandelingen

De wisselbehandelingen, waarbij partijen planten in bepaalde ontwikkelingsstadia werden uitgewisseld tussen afdelingen die stonden ingesteld op verschillende balanswaarden, gaven zeer interessante resultaten. Vooral wisselbehandelingen 9 en 11 (zie tabel 1) bleken zeer gunstig, en in bepaalde opzichten beter dan de standaardbehandelingen. Een overzicht van deze resultaten staat weergegeven in bijlage 1.

Toepassing Kalanchoe

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)

3.5.4 Resultaten Potchryasant

De resultaten overziend komt voor de potchryasant het beeld naar voren dat de theorie van plantbalans, waar het gewas Kalanchoe zo netjes aan lijkt te beantwoorden, voor dit gewas niet zonder meer opgaat. Bij een verlaagd temperatuurniveau, waarbij in deze proef de temperatuur extreem fluctueerde bleek in dit geval de teeltduur niet te worden verlengd, zodat het gewas ook geen extra tijd kreeg om uit te zwaren en zo een hogere eindkwaliteit te bereiken. Van chryasant is uit ander onderzoek bekend dat er geen eenvoudige relatie tussen temperatuur en reactietijd bestaat, zoals bij Kalanchoe: zowel te lage als te hoge temperaturen leiden tot uitstel van de bloei. Wat betreft elk van de deelprocessen: groei, ontwikkeling, inductie van zijscheutvorming en bloei bleken de behandelingen steeds een gevarieerd beeld op te leveren, waarbij doorgaans het merendeel van de experimentele behandelingen het slechter deed dan de referentie, maar steeds waren er enkele aan te wijzen die het juist beter deden. Door met deze nieuwe combinaties verder te gaan is uiteindelijk belangrijke winst te behalen. Ook in het geval van de potchryasant is het waarschijnlijk wel mogelijk om op een meer efficiënte en energiezuinige manier een gewenst teeltresultaat te realiseren door een uitgekende beïnvloeding van die afstemmingsprocessen. De theorie van plantbalans biedt daar voor Kalanchoe een goed uitgangspunt voor, in het geval van de potchryasant zullen eerst de effecten van temperatuur, licht en temperatuursfluctuaties op de ontwikkelingssnelheid (reactietijd) beter bekend moeten zijn en ook als onderdeel in het balansmodel moeten worden opgenomen. Pas dan zal het model, net als nu al grotendeels bij Kalanchoe mogelijk is, kunnen worden gebruikt om de effecten van stuuracties en verstoringen op het eindresultaat van tevoren door te rekenen.

4 Conclusies en aanbevelingen

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

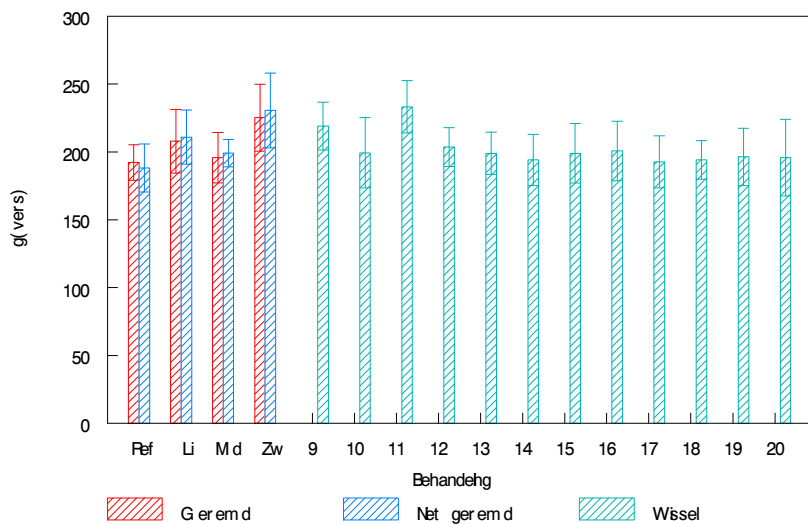
- Het plantbalans-principe geeft inzicht in de samenhang tussen groei, ontwikkelingssnelheid en (uitwendige) gewaskwaliteit.
- Het balansprincipe kan een functie krijgen als beslissingsondersteunend instrument, waarbij niet alleen teeltplanning en aanvoerspelning mogelijk worden, maar ook teeltsturing. 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 gewas-model voor Kalanchoe 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.
- Onder natuurlijke weersomstandigheden kunnen de dagelijkse lichtsommen in de kas sterk variëren. De temperaturen die horen bij een bepaalde constante balanstoestand van het gewas vertonen onder variabele lichtcondities ook zeer grote schommelingen.
- Ondanks het extreme temperatuurverloop, met sterk wisselende temperaturen bij een benutte bandbreedte van 13 tot 29°C, is in de modelgestuurde afdelingen is een goed gewas geteeld; van groeiremming, vertraging van de ontwikkelingssnelheid of specifieke schade was geen sprake.
- De conventionele teeltwijze van potplanten is gebaseerd op vrijwel constante temperaturen onder sterk wisselende lichtcondities. Een belangrijke, en haast onontkoombare, conclusie uit de voorgaande twee punten is dat het gewas al een grote integratiecapaciteit nodig heeft om in een gangbare teelt te kunnen overleven...
- Het resultaat wat betreft effecten van plantbalans, of van het gemiddelde temperatuurniveau, op de energiebehoefte van de teelt 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. In de stuurproef binnen dit project was dit vooral het geval bij de zware plantbalans.
- 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. Wisselingen tussen lichte en zware plantbalans en andersom hadden geen invloed op groeiprocessen of ontwikkelingsnelheid. Het effect van de wisselingen op was alleen te zien in de verdeling van biomassa in de plant, en daarmee op de uitwendige kwaliteit. De resultaten laten zien dat wisselen van een lichte naar een zware plantbalans aan het begin van de korte dag of enkele weken later kan leiden tot een betere gewaskwaliteit, met significant zwaardere bloemschermen, dan een standaardteelt bij constante temperatuur of plantbalans (zie bijlage 1).

- 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 zijscheuten en de verdeling van biomassa tussen vegetatieve en generatieve delen. Op het eerste gezicht lijkt dit een wat onbevredigend resultaat, maar wie doordenkt ziet dat het juist een doorbraak betekent: Kalanchoe zeker, maar ook de andere potplanten reageren zeer flexibel op temperatuur, zonder dat er sprake is van remming of schade. Wie de reacties kan voorspellen is in staat om het teeltproces naar believen te sturen om zo kwaliteit, beter aansturen op een gewenst aflevermoment en een verbeterde ruimtebenutting te realiseren. Het blijkt in principe goed mogelijk te zijn om deze sturing te combineren met energiebesparing door het geven van optimalisatieruimte aan een integrerende klimaatregelaar. Hierbij lijkt het verstandig om het principe van plantbalans als uitgangspunt te nemen bij het kwantificeren en compenseren van temperatuurafwijkingen.

5 Bijlage 1 – Resultaten wisselproeven Kalanchoe

Versgewicht gehele plant



Figuur 7– Effecten van de verschillende constante behandelingen en wisselingen (zie Tabel 2) op het eindgewicht van de plant (g vers).

Afwijkende legenda:

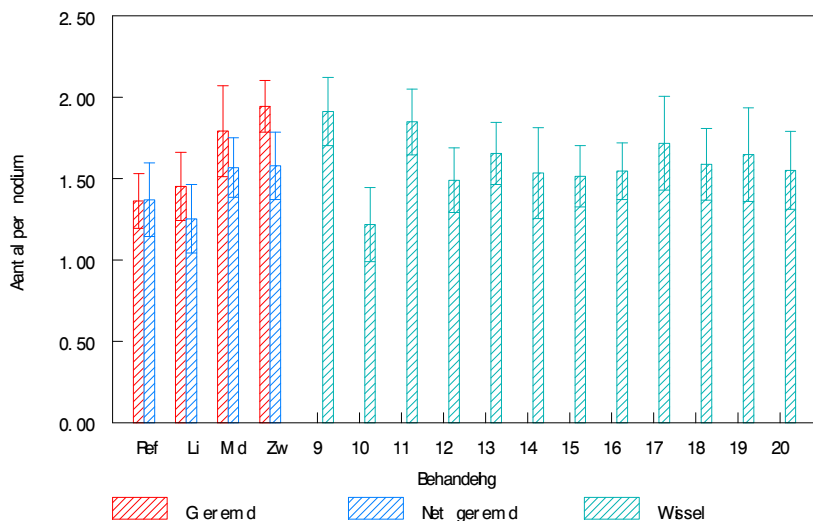
Ref = referentieteelt, beh. 1 en 2;

Li = lichte plantbalans (3 en 4),

Md = middelste plantbalans (5 en 6),

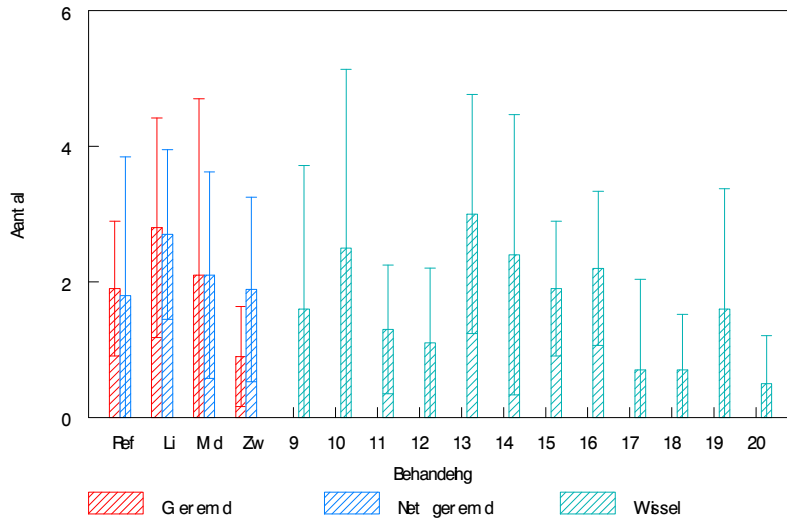
Zw = zware plantbalans (7 en 8).

Aantal zij scheuten per nodium hoofdscheut



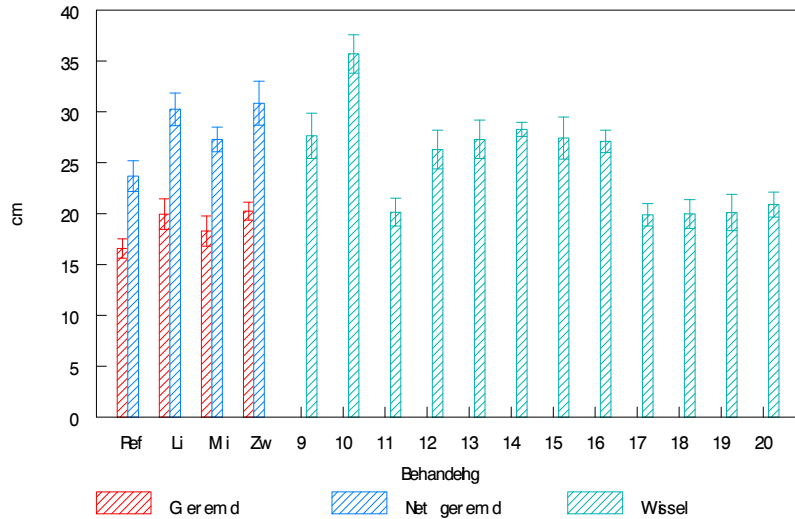
Figuur 8– Effecten van de verschillende constante behandelingen en wisselingen (zie Tabel 2) op het aantal zij scheuten per nodium van de hoofdscheut. Voor verdere toelichting zie figuur 7

Aantal blinde zijscheuten



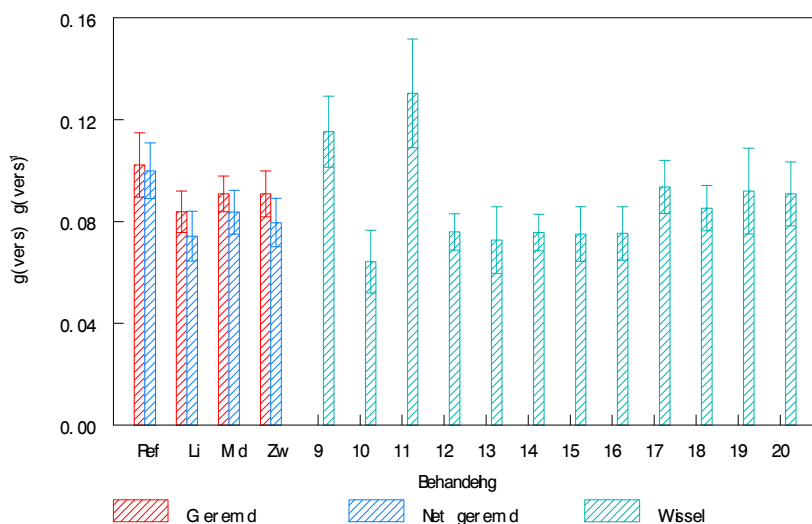
Figuur 9 – Effecten van de verschillende constante behandelingen en wisselingen (zie Tabel 2) op het aantal blinde zijscheuten per nodium van de hoofdscheut. Voor verdere toelichting zie figuur 7

Planthoogte



Figuur 10 – Effecten van de verschillende constante behandelingen en wisselingen (zie Tabel 2) op de planthoogte (gerekend in cm vanaf de potgrond). Voor verdere toelichting zie figuur 7

Gewichtsverhouding generatief / vegetatief



Figuur 11 – Effecten van de verschillende constante behandelingen en wisselingen (Tabel 2) 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 7

Gecombineerd resultaat wisselproeven

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 (fig. 7 – 11, behandelingen 9 en 11). 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 assimilatenvraag, 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.