



# Temperatuurintegratie bij roos

Fysiologische mogelijkheden en beperkingen

J.A. Dieleman, E. Meinen, G. Trouwborst & L.F.M. Marcelis







# Temperatuurintegratie bij roos

Fysiologische mogelijkheden en beperkingen

J.A. Dieleman, E. Meinen, G. Trouwborst & L.F.M. Marcelis

**Plant Research International B.V.**

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
Tel. : 0317 - 47 70 00  
Fax : 0317 - 41 80 94  
E-mail : [postkamer.pri@wur.nl](mailto:postkamer.pri@wur.nl)  
Internet : <http://www.plant.wur.nl>

# Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
1. Inleiding	5
2. Opzet van de experimenten	7
2.1 Proefopzet	7
2.1.1 Opkweek van plantmateriaal	7
2.1.2 Behandelingen	7
2.1.3 Statistiek	8
2.2 Periodieke oogsten en metingen	8
2.2.1 Scheutlengte	9
2.2.2 Ontwikkelingssnelheid	9
2.2.3 Gewicht	9
2.2.4 Fotosynthese	9
2.2.5 Zetmeelgehalte	9
3. Resultaten	11
3.1 2-daagse temperatuurintegratie	11
3.1.1 Scheutlengte	11
3.1.2 Ontwikkelingssnelheid	12
3.1.3 Gewicht en bladoppervlakte	13
3.1.4 Fotosynthese	14
3.1.5 Zetmeel	14
3.1.6 Conclusies	15
3.2 14-daagse temperatuurintegratie	15
3.2.1 Scheutlengte	15
3.2.2 Ontwikkelingssnelheid	17
3.2.3 Gewicht en bladoppervlakte	17
3.2.4 Fotosynthese	19
3.2.5 Zetmeel	19
3.2.6 Conclusies	20
4. Discussie	21
4.1 Effecten van temperatuurintegratie	21
4.2 Temperatuurintegratie afgestemd op lichtniveau	22
5. Conclusies en aanbevelingen	25
5.1 Conclusies	25
5.2 Aanbevelingen	25
6. Literatuur	29
Bijlage I. Workshop temperatuuronderzoek	



# Voorwoord

In het kader van het convenant Glastuinbouw en Milieu (GLAMI) hebben de overheid (Ministeries van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en Economische Zaken) en de glastuinbouwsector (LTO Nederland) afspraken gemaakt over de maatschappelijke randvoorwaarden, met als horizon 2010. Als energiedoelen zijn afgesproken dat het energiegebruik per eenheid product met 65% gereduceerd moet worden ten opzichte van 1980 en dat het aandeel duurzame energie tot 4% toegenomen moet zijn. De overheid heeft hier recent aan toegevoegd dat de glastuinbouw haar bijdrage moet leveren aan het terugdringen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. De toepassing van temperatuurintegratie kan een belangrijke bijdrage leveren aan de realisatie van de energiedoelstellingen.

Tegen deze achtergrond is in de periode van januari 2002 tot en met april 2003 in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en het Productschap Tuinbouw (PT projectnummer 10975) door Plant Research International onderzoek gedaan naar de mogelijkheden en beperkingen van de toepassing van temperatuurintegratie bij de teelt van snijrozen.





# Samenvatting

Deze nota doet verslag van het project ‘Temperatuurintegratie bij roos: fysiologische beperkingen en mogelijkheden’, dat tot doel heeft vast te stellen welke groei- en ontwikkelingsprocessen kritisch zijn voor de toepassing van temperatuurintegratie in afhankelijkheid van lichtwisselingen.

## *Achtergrond*

Bij de toepassing van temperatuurintegratie wordt gebruik gemaakt van het vermogen van planten om te reageren op een gemiddelde temperatuur gedurende een bepaalde periode, en kunnen tijdelijke afwijking van de gemiddelde temperatuur enige tijd later worden gecompenseerd door afwijkingen in de tegenovergestelde richting. De mogelijkheden om met temperatuurintegratie energie te besparen, nemen toe naarmate de integratiecapaciteit van een gewas groter is. Deze wordt bepaald door zowel de bandbreedte van de afwijking van de gemiddelde temperatuur als de periode gedurende welke deze afwijking optreedt (integratieperiode). Mogelijk kan een verdere energiebesparing met temperatuurintegratie gerealiseerd worden door temperatuur af te stemmen op het lichtniveau.

## *Experimenten*

In dit project zijn 4 temperatuurintegratie experimenten met de rode snijroos ‘Red Berlin’ uitgevoerd bij wisselende lichtintensiteiten ( $150$  en  $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). In deze experimenten werden 3 bandbreedtes van temperatuurintegratie aangelegd ( $0$ ,  $6$  en  $10^\circ\text{C}$ ) en twee integratieperiodes ( $2$  en  $14$  dagen). Aan modelplanten waarvan één okselknop mocht uitlopen, werden scheutlengte, ontwikkelingssnelheid, gewicht en bladoppervlakteontwikkeling in de tijd gevolgd. Verder werden fotosynthesemetingen gedaan en zetmeelgehalten in het blad bepaald.

### *2-daagse temperatuurintegratie*

Naarmate de bandbreedte van de 2-daagse temperatuurintegratie toenam, nam de taklengte in het snijstadium af. Er was geen effect op de tijd tussen okselknopuitloop en het bereiken van het snijstadium of op het takgewicht of bladoppervlakte dat de scheuten na 6 weken hadden bereikt. De fotosynthesnelheid werd bepaald door de lichtintensiteit, temperatuur had hier nauwelijks invloed op. Het zetmeelgehalte in de bladeren lag bij alle behandelingen op min of meer hetzelfde niveau.

### *14-daagse temperatuurintegratie*

Naarmate de bandbreedte van de 14-daagse temperatuurintegratie toenam, nam de taklengte in het snijstadium af, evenals het takgewicht en de bladoppervlakte. Een grotere bandbreedte leidde tot een (niet significante) versnelling van de ontwikkeling van okselknop tot oogstbare bloemtak. De fotosynthesnelheid werd voornamelijk bepaald door de lichtintensiteit. Een hogere fotosynthese bij hoog licht en constante temperatuur gedurende een week leidde tot een hoger zetmeelgehalte in het blad. Deze voorraad was na een week laag licht weer verdwenen. Bij de een bandbreedte van  $10^\circ\text{C}$  bleken aanmaak en verbruik van zetmeel zodanig in evenwicht te zijn, dat het gehalte in de bladeren redelijk constant was in de tijd.

### *Temperatuurintegratie afgestemd op lichtniveau*

De aangelegde temperatuurintegratiebehandelingen hadden als basis wisselingen in lichtintensiteit. De temperatuur werd constant gehouden ( $20^\circ\text{C}$ ) of wisselde met het licht mee (in fase) of tegen het licht in (in tegenfase). De verwachting was dat door het afstemmen van de temperatuur op de lichtintensiteit de aanmaak en verwerking van assimilaten in evenwicht zullen zijn. Groei en ontwikkeling van planten zouden dan beter zijn dan wanneer licht en temperatuur in ‘tegenfase’ zijn. Echter, zowel bij een integratieperiode van 2 als van 14 dagen bleek er geen effect te zijn van fase- of tegenfasebehandeling op taklengte, ontwikkelingstijd of gewicht. Bij een integratieperiode van 2 dagen bleek er nauwelijks verschil te zijn in fotosynthese en zetmeelgehalten tussen behandelingen met constante temperatuur en temperatuur in fase of in tegenfase. Daarentegen bleek dat de aanmaak en verwerking van assimilaten bij een integra-

tieperiode van 14 dagen verstoord is als planten gedurende enkele weken onder omstandigheden staan waarbij licht en temperatuur steeds tegen elkaar in wisselen. Dit vertaalt zich echter niet in gereduceerde groei of vertraagde ontwikkeling.

# 1. Inleiding

Het in dit rapport beschreven project heeft tot doel vast te stellen wat de fysiologische mogelijkheden en beperkingen zijn voor temperatuurintegratie afgestemd op het lichtniveau bij de teelt van rozen. Bij de toepassing van temperatuurintegratie wordt gebruik gemaakt van het vermogen van planten om te reageren op een gemiddelde temperatuur gedurende een bepaalde periode, en kunnen tijdelijke afwijkingen van de gemiddelde temperatuur enige tijd later worden gecompenseerd door afwijkingen in de tegenovergestelde richting. Hierdoor is het mogelijk met temperatuurintegratie energiebesparing te realiseren evenals een lagere prijs voor het ingekochte aardgas door de afvlakking van de pieken in gasverbruik. Groei en ontwikkeling van een groot aantal tuinbouwgewassen blijken meer te reageren op de gemiddelde temperatuur dan op het precieze verloop van de temperatuur gedurende 24 uur (Bakker & Van Uffelen, 1988; De Koning, 1988; Rijdsijk & Vogelesang, 2000). Over de integratie van temperatuur over periodes langer dan 1 dag is nog weinig bekend. Voor tomaat (Hurd & Graves, 1984; De Koning, 1990) en roos (Buwalda *et al.*, 1999a) is aangetoond dat het mogelijk is temperatuur over meerdere dagen te integreren zonder groei en productie negatief te beïnvloeden. Uit experimenten en berekeningen blijkt dat een energiebesparing van 10-15% door de toepassing van temperatuurintegratie mogelijk is (Bailey & Seginer, 1989; Buwalda *et al.*, 1999c; Van den Berg *et al.*, 2001).

De mogelijkheden om met temperatuurintegratie energie te besparen, nemen toe naarmate de integratiecapaciteit van een gewas groter is. De integratiecapaciteit wordt bepaald door zowel de bandbreedte van de afwijking van de gemiddelde temperatuur als de periode gedurende welke deze afwijking optreedt. Hierbij moet rekening gehouden worden met het feit dat de maximaal toegestane temperatuurafwijking niet voor alle ontwikkelingsstadia van het gewas gelijk is. Uit een recente studie blijkt dat voor de toepassing van temperatuurintegratie nog onvoldoende bekend is waar deze temperatuurgrenzen voor verschillende gewassen en gewasstadia liggen (De Gelder *et al.*, 2003). Juist de toegestane bandbreedte is bepalend voor de energiebesparing die gerealiseerd kan worden bij toepassing van temperatuurintegratie, meer dan de integratieperiode (Van de Braak & De Zwart, 2001).

Een verdere energiebesparing zou gerealiseerd kunnen worden door de temperatuur aan te passen aan het lichtniveau (Van Straten *et al.*, 2000). De verwachting hierbij is door het afstemmen van de temperatuur op de lichtintensiteit de aanmaak en verwerking van assimilaten in evenwicht zullen blijven. De aanmaak van assimilaten wordt voornamelijk bepaald door licht, terwijl de verwerking vooral temperatuurafhankelijk is (Seginer *et al.*, 1994). Voor een optimale groei en ontwikkeling is het van belang dat de assimilatenbuffer een min of meer constante omvang heeft (Buwalda *et al.*, 1999b). Een te hoog gehalte aan koolhydraten kan productievermindering door feedback remming van de fotosynthese veroorzaken, terwijl uitputting van de buffer zowel productie als ontwikkeling kan verstoren.

In het algemeen hebben licht en temperatuur de volgende effecten op groei en ontwikkeling van rozen:

- Een hogere lichtintensiteit versnelt de ontwikkeling van okselknop tot oogstbare tak en leidt tot zwaardere en langere bloemtakken (De Vries *et al.*, 1986; Maas & Bakx, 1997).
- De ontwikkeling van okselknop tot oogstbare tak wordt versneld door het verhogen van de gemiddelde teelttemperatuur. Taklengte en -gewicht daarentegen nemen af bij toenemende temperaturen (De Vries *et al.*, 1982, 1986; Van den Berg, 1987, Marcelis-van Acker, 1994).

De doelstelling van het project wordt gerealiseerd door het uitvoeren van 4 temperatuurintegratie experimenten met de grootbloemige rode snijroos 'Red Berlin' bij wisselende lichtintensiteiten. In deze experimenten worden 3 bandbreedtes van temperatuurintegratie aangelegd (0, 6 en 10°C) en twee integratieperiodes (2 en 14 dagen). Om de effecten van de temperatuurwisselingen op groei en ontwikkeling van uitlopende okselknoppen te volgen in de tijd is gebruik gemaakt van modelplanten. Deze bestonden uit bewortelde stekken die teruggeknipt werden en waarvan de bovenste okselknop mocht uitlopen. Alle andere uitlopende ogen werden verwijderd. Deze modelplanten garanderen een uniforme

uitloop, belangrijk om de effecten van de aangelegde temperatuurbehandelingen goed te kunnen vergelijken.

In het kader van dit project is een workshop temperatuuronderzoek georganiseerd, met als doel het stimuleren van de kennisuitwisseling tussen onderzoekers over dit onderwerp. Het verslag van deze workshop is te vinden in Bijlage I.

## 2. Opzet van de experimenten

### 2.1 Proefopzet

#### 2.1.1 Opkweek van plantmateriaal

In steenwol bewortelde rozenstekken cultivar Red Berlin werden geleverd door een vermeerderaar (Olij Rozen, De Kwakel). De primaire scheuten van de stekken hadden een lengte van 15-20 cm en werden op een eb en vloed systeem geplaatst in een klimaatkamer bij een temperatuur van 20°C, lichtintensiteit van 280  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  gedurende 16 uur en een relatieve luchtvochtigheid van 70%. Een maal per dag werden de planten bevoeid gedurende 3 minuten met een voedingsoplossing die 11.25 mM  $\text{NO}_3$ , 1.25 mM  $\text{SO}_4$ , 1.25 mM  $\text{H}_2\text{PO}_4$ , 3.25 mM Ca, 4.5 mM K, 1.5 mM Mg en 1.0 mM  $\text{NH}_4$  en de benodigde sporenelementen bevatte ( $\text{EC} = 1.5 \text{ mS cm}^{-1}$ ). Na circa 4 weken hadden de meeste bloemen van de primaire scheuten het oogstbare stadium bereikt (zie Figuur 2.1). Op dat moment werden de primaire scheuten van alle planten teruggeknipt op twee vijfbladeren. Om een snelle en gelijkmatige knopuitloop te bevorderen, werd het bladsteeltje van elk bovenste vijfblad half afgescheurd van de stengel, zoals in de praktijk ook gebeurt bij de teelt van Red Berlin. Na het terugknippen werden de planten op steenwolmatten met een druppelaar per plant geplaatst en begonnen de behandelingen.



Figuur 2.1. Detailopname van een bloemknop van een rozentak die in het oogstbare stadium is.

#### 2.1.2 Behandelingen

Basis van alle behandelingen die aangelegd werden, was een variatie in lichtniveau (150 of 300  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  gedurende 16 uur) per dag of per week. Dit houdt in dat de planten de ene dag of week, afhankelijk van de integratieperiode, bij een hoge lichtintensiteit stonden en de andere dag of week bij een lage lichtintensiteit. De lage lichtintensiteit was 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (33  $\text{W m}^{-2}$ ), de hoge lichtintensiteit 300  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (66  $\text{W m}^{-2}$ ). Gedurende 16 uur per dag brandden de lampen, hetgeen voor de laag licht behandeling overeenkomt met de (natuurlijke) lichtsom in een kas met een lichtdoorlatendheid van 60% van begin maart of begin oktober. Voor de hoog licht behandeling komt de lichtsom per dag overeen met die van medio april of medio augustus in een kas. De temperatuur werd constant gehouden (20°C) of wisselde met het licht mee (fase; hoge temperatuur bij hoog licht, lage temperatuur bij laag licht) of wisselde tegen het licht in (tegenfase, lage temperatuur bij hoog licht, hoge temperatuur bij laag licht). Bandbreedtes van de temperatuurwisselingen waren 0°C (continu 20°C), 6°C (17 – 23°C) of 10°C (15 – 25°C). In alle behandelingen werd een dampspanningsdeficit van 7 mbar aangehouden.

De vijf basisbehandelingen die in dit project werden onderzocht, staan weergegeven in onderstaande tabel.

	Behandeling	Temperatuur	Temperatuurvariatie	Bandbreedte
1	20°C continu	Constant	20°C	0°C
2	17-23°C fase	In fase	17-23°C	6°C
3	17-23°C tegenfase	In tegenfase	17-23°C	6°C
4	15-25°C fase	In fase	15-25°C	10°C
5	15-25°C tegenfase	In tegenfase	15-25°C	10°C

Deze behandelingen zijn uitgevoerd met een integratieperiode van 2 dagen (één dag hoge temperatuur, één dag lage temperatuur) en met een integratieperiode van 14 dagen (één week hoge temperatuur, één week lage temperatuur). Omdat met name bij de integratieperiode van 14 dagen de verwachting was dat de startniveaus van licht en temperatuur effect zouden hebben op de groei en ontwikkelingssnelheid van de rozentakken, werden alle behandelingen één maal gestart met hoog licht (en afhankelijk van de behandeling met hoge of lage temperatuur) en één maal met laag licht. Om dit te realiseren werd bij de 2-daagse integratie experimenten de helft van de stekken 1 dag na de andere helft van de stekken teruggeknipt en ingezet. Bij de 14-daagse integratie experimenten werden stekken besteld met een tussentijd van 7 dagen. De ene week werd de eerste partij stekken teruggeknipt en ingezet, de andere week de tweede partij. Deze uitlopende scheuten werden dan ook 1 of 7 dagen later geoogst dan de planten die het eerst waren ingezet.

In het totaal werden 4 experimenten uitgevoerd, twee met een integratieperiode van 2 dagen, twee met een integratieperiode van 14 dagen. De 2-daagse integratie experimenten startten op 1 en 2 mei 2002 en 7 en 8 januari 2003 (moment van terugknippen) en de 14 daagse integratie experimenten startten op 10 en 17 juli 2002 en 18 en 25 september 2002.

### 2.1.3 Statistiek

De experimenten werden opgezet als split-plot proeven met de 2 experimenten per integratieperiode als blokken. De plots (klimaatkamers) vormden de experimentele eenheden waar temperatuur en licht ingesteld konden worden. Voor elk van de 4 experimenten werden 5 klimaatkamers gebruikt. De behandelingen werden zodanig ingeloot dat een behandeling nooit twee keer in dezelfde klimaatkamer werd uitgevoerd. Binnen de klimaatkamers werd onderzocht of startniveau van de lichtintensiteit invloed heeft (split-plot). Middels ANOVA werd de significantie van de effecten van de aangelegde behandelingen op de gemeten parameters getoetst (95% betrouwbaarheid).

## 2.2 Periodieke oogsten en metingen

Gedurende de experimenten werd de scheutuitloop van de bovenste okselknop van de teruggeknipte plant gevolgd gedurende 8 weken. Alle andere uitlopende scheuten werden verwijderd. Alle metingen werden uitgevoerd aan 6 planten per behandeling.

### 2.2.1 Scheutlengte

Twee tot drie maal per week werd de lengte van de scheut die zich uit de bovenste okselknop ontwikkelde gemeten. Verder werd aan het einde van elk experiment het aantal bladeren aan de stengel geteld.

### 2.2.2 Ontwikkelingssnelheid

De ontwikkeling van een rozentak vindt plaats in drie fasen:

1. Uitloop van de okselknop
2. (Zichtbare) bloemknop
3. Bloemontwikkeling

Gedurende de experimenten werd de tijd tot het bereiken van elk van deze stadia geregistreerd. De okselknop werd als uitgelopen beschouwd als de lengte tenminste 1.5 cm was. Voor het zichtbaar zijn van de bloemknop gold dat de bloemknop los moest zijn van de bladeren en een 'nekje' moest hebben. Bloemontwikkeling is voltooid als de tak snijrijp is (kleur van de kroonbladeren zichtbaar, kelkbladeren naar beneden).

### 2.2.3 Gewicht

Gedurende de experimenten werden tweewekelijks planten destructief geoogst. Vers- en drooggewicht van de bladeren, stengel en bloem en het bladoppervlak van de scheut werden bepaald.

### 2.2.4 Fotosynthese

De actuele netto bladfotosynthese werd gemeten bij de behandelingen 20°C continu, 15-25°C fase en 15-25°C tegenfase aan het topblaadje van het jongst volgroeide blad. Bij de 2-daagse temperatuurintegratie experimenten werd zowel gemeten op een dag dat de planten bij hoog licht stonden, als op de dag dat de planten bij laag licht stonden. Bij de 14-daagse temperatuurintegratie werd de netto fotosynthese gemeten op dagen 1, 3 en 7 van zowel een week met hoog licht als een week met laag licht om het verloop van de fotosynthese in de tijd te volgen. Fotosynthese werd gemeten met een draagbare fotosynthesemeter (LCPro, ADC, Verenigd Koninkrijk). De fotosynthesemeter meet de CO<sub>2</sub> concentratie en de dampspanning van de lucht die de bladkamer binnenkomt en van de uitgaande lucht. Op basis van het verschil wordt de fotosynthesesnelheid ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) berekend. Condities in de bladkamer (lichtintensiteit, temperatuur en CO<sub>2</sub> niveau) werden ingesteld op hetzelfde niveau als het klimaat dat op het moment van meten heerste in de klimaatcel waarin gemeten werd.

### 2.2.5 Zetmeelgehalte

Na afloop van de fotosynthesemetingen werden de afzonderlijke topblaadjes verzameld, gewogen, ingevroren in vloeibare stikstof en daarna gevriesdroogd. Het zetmeelgehalte werd enzymatisch bepaald in geëxtraheerd bladmateriaal met een commercieel verkrijgbare testmethode (Boehringer, Mannheim, Duitsland).





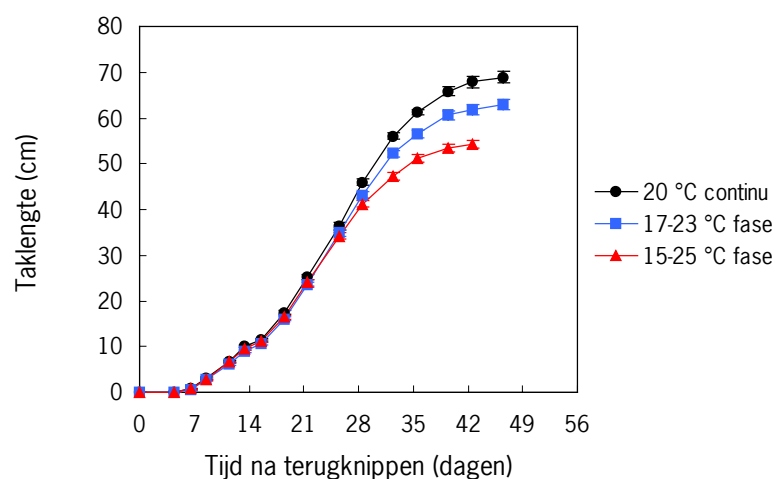
## 3. Resultaten

### 3.1 2-daagse temperatuurintegratie

Zoals in materiaal en methoden reeds werd gezegd, is het mogelijk dat de startniveaus van licht en temperatuur effect hebben op de groei en ontwikkelingsnelheid van de rozentakken. Daarom werden alle behandelingen één maal gestart met hoog licht (en afhankelijk van de behandeling met hoge of lage temperatuur) en één maal met laag licht. Uit de statistische analyse van de resultaten van de experimenten bleek dat de startniveaus van licht en temperatuur geen significant effect hadden op scheutlengte, ontwikkelingsnelheid en groei bij toepassing van 2-daagse temperatuurintegratie.

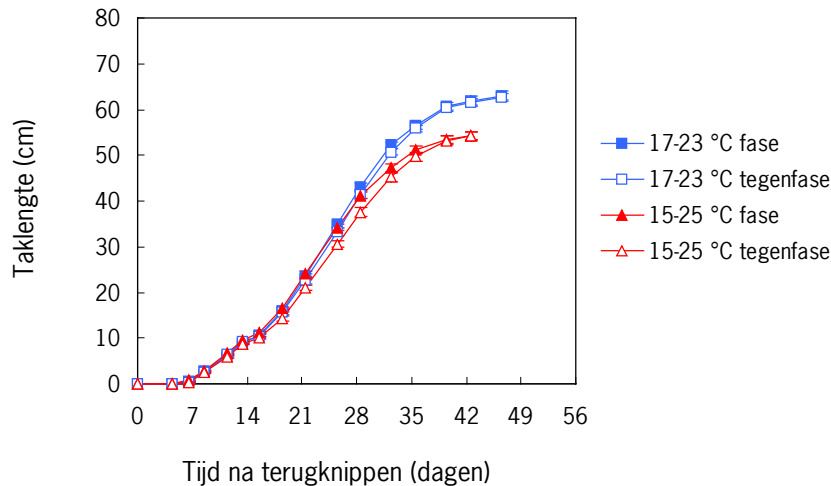
#### 3.1.1 Scheutlengte

Gedurende de experimenten werd voor alle behandelingen 2 tot 3 maal per week de lengte van de scheuten gemeten. In Figuur 3.1 is het verloop van de lengte in de tijd uitgezet tot het moment dat de tak snijrijp is. Uit de resultaten blijkt dat naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie toenam, de taklengte in snijstadium significant kleiner was. Deze afname is voor een bandbreedte van 6°C niet significant, maar wel voor 10°C. Gemiddeld over de experimenten 1 en 2 had de behandeling 17-23°C (bandbreedte 6°C) 9% kortere bloemstelen dan 20°C continu en de behandeling 15-25°C (bandbreedte 10°C) 21% kortere stelen dan 20°C continu. Het aantal bladeren aan de tak werd ook kleiner naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie toenam (19.3 bladeren bij 20°C continu en 19.0 respectievelijk 17.4 bij 6 en 10°C bandbreedte). Dit effect was niet zo groot dat het verschil in taklengte volledig kon verklaren. Dat houdt in dat bij toenemende bandbreedte ook de afstand tussen de bladeren aan een tak (internodiumlengte) kleiner wordt.



*Figuur 3.1. Verloop van de taklengte in de tijd voor verschillende temperatuurbehandelingen (zie legenda) bij toepassing van tweedaagse temperatuurintegratie. Meetpunten zijn het gemiddelde van 24 planten met de standaardafwijking van het gemiddelde (se).*

Naast behandelingen waarbij licht en temperatuur ‘in fase’ liepen (temperatuur hoog als de lichtintensiteit hoog is, temperatuur laag als het licht laag is), werden ook ‘tegenfase’ behandelingen ingezet. Hierbij was de temperatuur laag als de lichtintensiteit hoog was, en hoog als het licht laag was. In Figuur 3.2 staat het verloop van de taklengte in de tijd bij de fase- en tegenfasebehandelingen 17-23°C en 15-25°C uitgezet.



Figuur 3.2. Verloop van de taklengte in de tijd voor de verschillende temperatuurbehandelingen (zie legenda) bij toepassing van tweedaagse temperatuurintegratie. Meetpunten zijn het gemiddelde van 24 planten met se.

Bij een zekere bandbreedte van temperatuurintegratie bleek er geen statistisch significant effect te zijn van fase of tegenfase behandeling op de taklengte. Dit houdt in dat bij de gebruikte lichtintensiteiten en temperaturen, de verhouding waarin licht en temperatuur gegeven wordt de taklengte niet beïnvloed, zo lang de licht- en temperatuursommen elke twee dagen gelijk zijn.

### 3.1.2 Ontwikkelingssnelheid

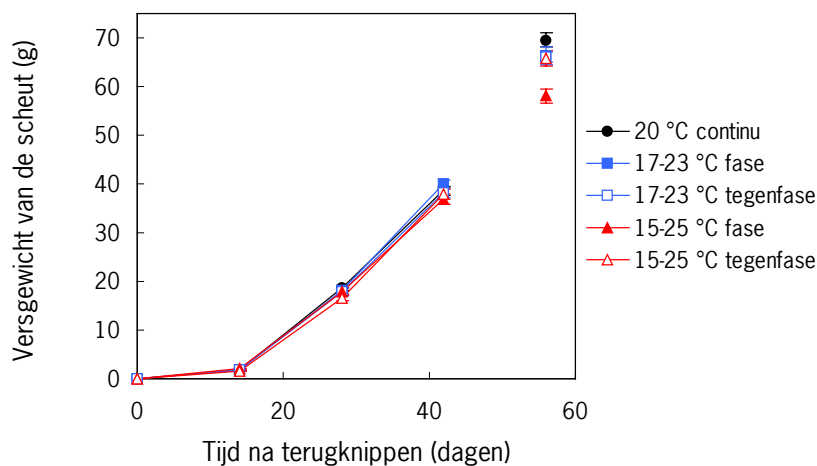
In de ontwikkeling van een rozentak werden de volgende 3 stadia onderscheiden: uitloop van de okselknop (tot een scheut van 1.5 cm), (zichtbare) bloemknopvorming en ontwikkeling tot oogstbare bloem (zie Figuur 2.1). De tijd tussen terugknippen en uitloop van de okselknop bleek voor alle behandelingen 8 dagen te zijn. De temperatuurbehandelingen hadden geen significant effect op de tijd tot de bloemknop met het oog zichtbaar was (Tabel 3.1). De tijd tussen terugknippen en het snijrijp zijn van de bloemtak werd iets korter naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie groter werd, maar deze verschillen zijn echter statistisch niet significant.

Tabel 3.1. Tijd tot zichtbare bloemknop en tijd tot snijstadium bij de verschillende temperatuurbehandelingen. Gegevens zijn het gemiddelde van 24 planten.

Behandeling	Tijd tot zichtbare bloemknop (dagen)	Tijd tot snijstadium (dagen)
20°C continu	34	47
17-23°C fase	34	45
17-23°C tegenfase	35	47
15-25°C fase	33	43
15-25°C tegenfase	33	45

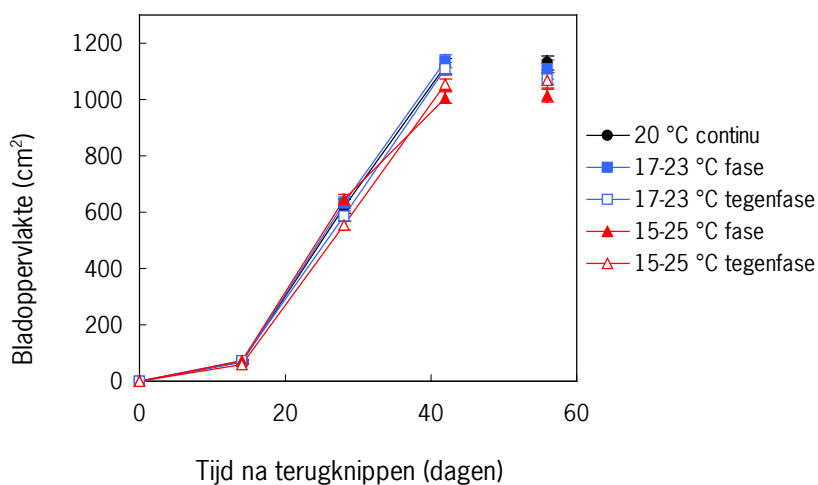
### 3.1.3 Gewicht en bladoppervlakte

Tweewekelijks werden 6 planten per behandeling destructief geoogst. Zoals uit Tabel 3.1 blijkt, bereikten de planten tussen de 43 en 47 dagen, afhankelijk van de behandeling, het snijstadium. Omdat van de planten steeds alle uitlopende knoppen werden verwijderd, waren planten die eerder het snijstadium bereikten vanaf dat moment meer geremd in hun gewichtstoename dan planten die later snijrijp waren. Dit verklaart het verloop van het takgewicht in Figuur 3.3 tussen de 42 en 56 dagen. Uit de statistische analyse van de resultaten bleek het versgewicht van de scheut na 42 dagen groei niet significant beïnvloed te zijn door de aangelegde temperatuurbehandelingen.



Figuur 3.3. Verloop van het versgewicht van de scheut in de tijd voor de verschillende temperatuurbehandelingen (zie legenda) bij toepassing van tweedaagse temperatuurintegratie. Meetpunten zijn het gemiddelde van 24 planten met se.

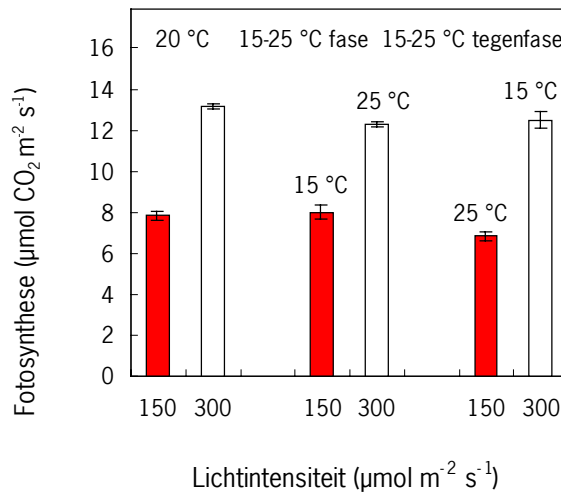
De oppervlakte van de bladeren aan de scheut nam toe in de eerste weken na knopuitloop, zoals in Figuur 3.4 is te zien. Uit de statische analyse van de resultaten van dag 42 bleek dat er geen effect is van de bandbreedte van temperatuurintegratie op het bladoppervlak. In de laatste weken van de experimenten nam het bladoppervlak van sommige behandelingen enigszins af door bladverdroging en bladval van de onderste bladeren.



Figuur 3.4. Verloop van de bladoppervlakte van de scheut in de tijd voor de verschillende temperatuurbehandelingen (zie legenda) bij toepassing van tweedaagse temperatuurintegratie. Meetpunten zijn het gemiddelde van 24 planten met se.

### 3.1.4 Fotosynthese

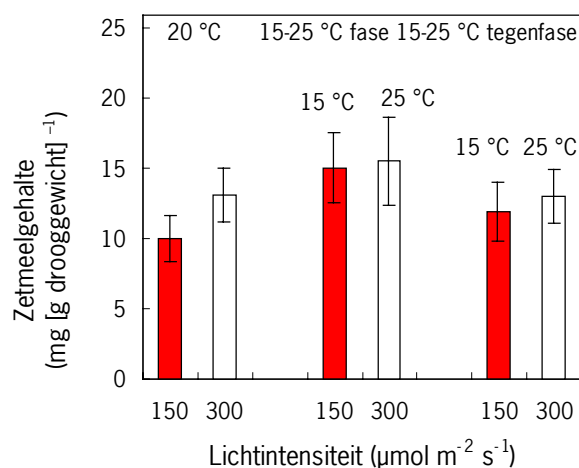
In experiment 2 is van de behandelingen 20°C continu, 15-25°C fase en 15-25°C tegenfase de actuele netto bladfotosynthesesnelheid gemeten. Zoals in Figuur 3.5 te zien is, werd de fotosynthesesnelheid met name bepaald door de lichtintensiteit die op moment van meten in de klimaatkamer heerste. Bij 300  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  licht was de fotosynthese bijna 70% hoger dan bij 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Temperatuur had nauwelijks effect op de fotosynthesesnelheid. De niveaus van fotosynthese waren voor de behandelingen 20°C constant en 15-25°C fase en tegenfase nagenoeg hetzelfde, hetgeen aangeeft dat de aangelegde temperatuurbehandeling geen verstoringen in de fotosynthese veroorzaakte.



*Figuur 3.5. Netto fotosynthesesnelheid gemeten in experiment 2 onder de verschillende condities in de behandelingen 20°C continu, 15-25°C fase en 15-25°C tegenfase. Meetwaarden zijn het gemiddelde van 6 planten met se.*

### 3.1.5 Zetmeel

De blaadjes waaraan de fotosynthese werd gemeten, werden na afloop van de metingen (ca. 15.00 uur) verzameld en ingevroren in vloeibare stikstof, waarna het zetmeelgehalte werd bepaald. Er bleken geen grote verschillen te zijn in zetmeelgehalten tussen de verschillende condities van de temperatuurintegratie-behandelingen (Figuur 3.6). Hieruit kan geconcludeerd worden dat aanmaak en afvoer van assimilaten in de plant in deze behandelingen zodanig in evenwicht is dat het zetmeelgehalte op een min of meer constant niveau gehouden wordt.



Figuur 3.6. Zetmeelgehaltes gemeten in experiment 2 onder de verschillende condities in de behandelingen 20°C continu, 15-25°C fase en 15-25°C tegenfase. Meetwaarden zijn het gemiddelde van 6 planten met se.

### 3.1.6 Conclusies

Uit de uitgevoerde experimenten waarin temperatuurintegratie werd toegepast met een integratieperiode van 2 dagen en een bandbreedte van 0, 6 en 10°C is het volgende af te leiden:

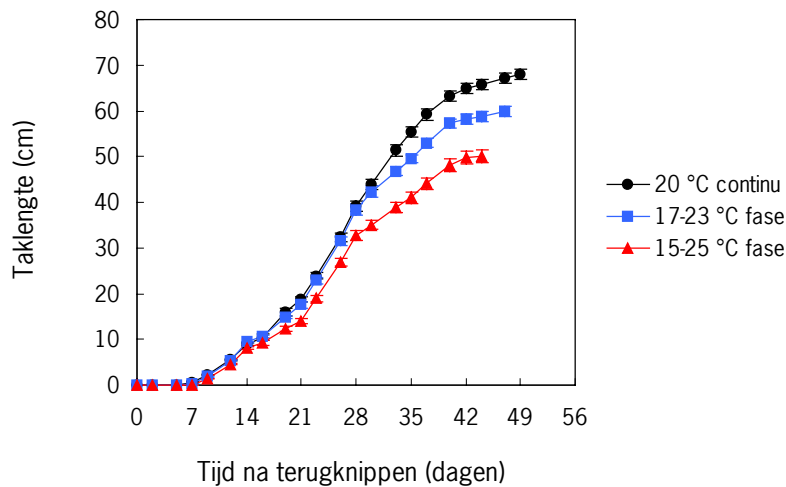
- Naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie toeneemt, neemt de taklengte van de roos in het snijstadium af, evenals het aantal bladeren aan de tak.
- Een grotere bandbreedte leidt tot een kleine, maar niet significante versnelling van de ontwikkeling van okselknop tot oogstbare bloemtak.
- Temperatuurintegratie heeft geen invloed op het takgewicht en bladoppervlakte dat de scheuten na 6 weken hebben bereikt.
- Bij een zekere bandbreedte van temperatuurintegratie beïnvloedde de verhouding waarin licht en temperatuur gegeven worden de taklengte, ontwikkelingssnelheid en scheutgewicht niet, zo lang de licht- en temperatuursommen elke twee dagen gelijk zijn.
- De netto bladfotosynthesesnelheid wordt bepaald door de lichtintensiteit. De heersende temperatuur heeft nauwelijks effect op de fotosynthese. De niveaus van fotosynthese waren voor de fase- en tegenfasebehandelingen nagenoeg hetzelfde en gelijk aan de constante temperatuur, hetgeen aangeeft dat deze behandelingen geen verstoringen in de fotosynthese veroorzaakte.
- Zetmeelgehaltes in het blad verschillen bij de gebruikte lichtintensiteiten en temperaturen nauwelijks. Aanmaak en afvoer van assimilaten in de plant is zodanig in evenwicht dat het zetmeelgehalte op een min of meer constant niveau gehouden wordt.

## 3.2 14-daagse temperatuurintegratie

### 3.2.1 Scheutlengte

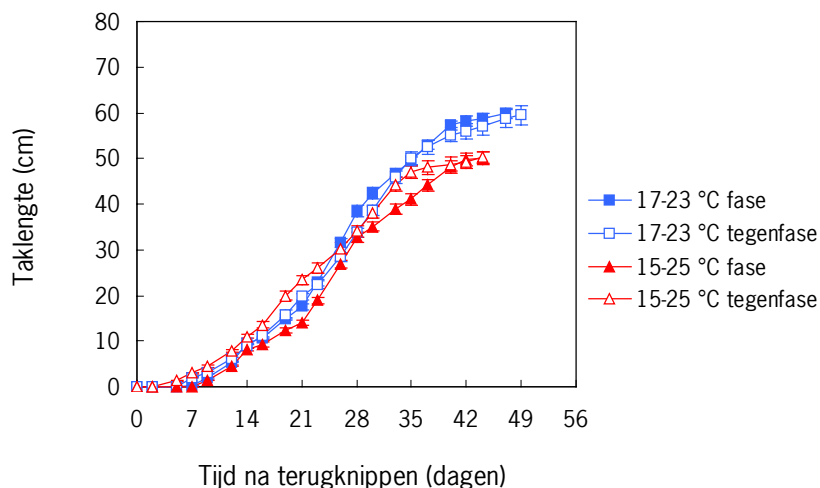
Zoals in hoofdstuk 2 is beschreven, werden alle behandelingen één maal gestart met hoog licht (en afhankelijk van de behandeling met hoge of lage temperatuur) en één maal met laag licht om na te gaan of deze startniveaus effect hadden op de groei van rozentakken. Uit de statistische analyse van de resultaten bleek dat de scheutlengte niet significant beïnvloed werd door het startniveau van licht. De aangelegde temperatuurbehandelingen bleken wel invloed te hebben op de lengte van de bloemtak (Figuur 3.7). Naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie groter was, werden de takken in snijstadium korter (Figuur 3.7). Gemiddeld over experimenten 3 en 4 resulteerde een bandbreedte van 6°C in een lengtereductie van 12% en een bandbreedte van 10°C in een reductie van 26%. Het aantal

bladeren aan de bloemtak werd ook kleiner naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie toenam (17.8 bladeren bij 20°C continu en 16.2 respectievelijk 14.6 bij 6 en 10°C bandbreedte). Dit verklaart voor een groot deel de lengteafname.



*Figuur 3.7. Verloop van de taklengte in de tijd voor de verschillende temperatuurbehandelingen (zie legenda) ingezet bij laag licht bij toepassing van 14-daagse temperatuurintegratie. Meetpunten zijn het gemiddelde van 12 planten met de se.*

Naast behandelingen waarbij licht en temperatuur ‘in fase’ liepen (temperatuur hoog als de lichtintensiteit hoog is, temperatuur laag als het licht laag is), werden ook ‘tegenfase’ behandelingen ingezet. Hierbij was de temperatuur laag als de lichtintensiteit hoog was, en hoog als het licht laag was. In Figuur 3.8 staat het verloop van de taklengte in de tijd bij de fase- en tegenfasebehandelingen 17-23°C en 15-25°C uitgezet.



*Figuur 3.8. Verloop van de taklengte in de tijd voor de verschillende temperatuurbehandelingen (zie legenda) ingezet bij laag licht bij toepassing van 14-daagse temperatuurintegratie. Meetpunten zijn het gemiddelde van 12 planten met de se.*

Bij een zekere bandbreedte van temperatuurintegratie bleek er geen significant effect te zijn van fase of tegenfase behandeling op taklengte. Dit betekent dat het bij de gebruikte lichtintensiteiten en temperaturen niet uitmaakt in welke verhouding licht en temperatuur gegeven worden, zo lang de licht- en temperatuursommen elke twee weken gelijk zijn. Dit blijkt ook uit Figuur 3.8: elke 14 dagen, als de licht- en temperatuursommen gelijk zijn, komen de lijnen van de lengteontwikkeling weer bij elkaar.

### 3.2.2 Ontwikkelingssnelheid

De gemiddelde tijd van terugknippen van de scheut totdat de uitgelopen okselknop 1.5 cm lang is, liep voor de verschillende temperatuurbehandelingen uiteen van circa 6 tot 10 dagen. Knopuitloop werd niet zo zeer beïnvloed door de aangelegde behandeling, maar door het klimaat in de eerste week na terugsnoeien. Snelheid van knopuitloop bleek voornamelijk bepaald te worden door de temperatuur; naarmate de temperatuur hoger was, vond knopuitloop significant sneller plaats. Het effect van een snellere knopuitloop werkt door in zowel de tijd tot zichtbare bloemknop als de tijd tot snijstadium. Zowel tijd tot zichtbare bloem als tijd tot snijstadium zijn significant korter als de planten direct na het terugknippen eerst een week bij een hoge temperatuur staan (data niet getoond).

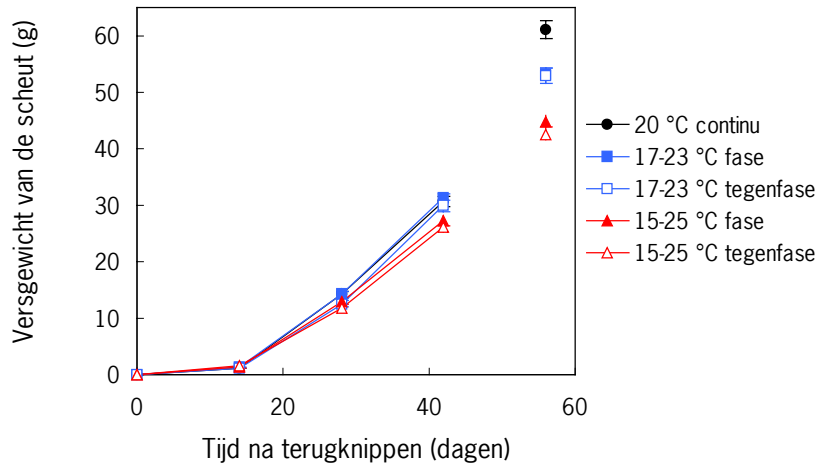
Naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie toenam, nam de tijd tussen terugknippen en het snijrijp zijn van de bloemtak af (Tabel 3.2). Ondanks het feit dat bij een bandbreedte van 10°C de tijd tot het bereiken van het snijstadium bijna 10% korter is dan bij een constante temperatuur van 20°C, zijn deze verschillen niet significant.

*Tabel 3.2. Tijd tot zichtbare bloemknop en tijd tot snijstadium bij de verschillende temperatuurbehandelingen. Data zijn gemiddelden van 24 planten.*

Behandeling	Tijd tot zichtbare bloemknop (dagen)	Tijd tot snijstadium (dagen)
20°C continu	35	50
17-23°C fase	32	46
17-23°C tegenfase	34	50
15-25°C fase	31	45
15-25°C tegenfase	32	46

### 3.2.3 Gewicht en bladoppervlakte

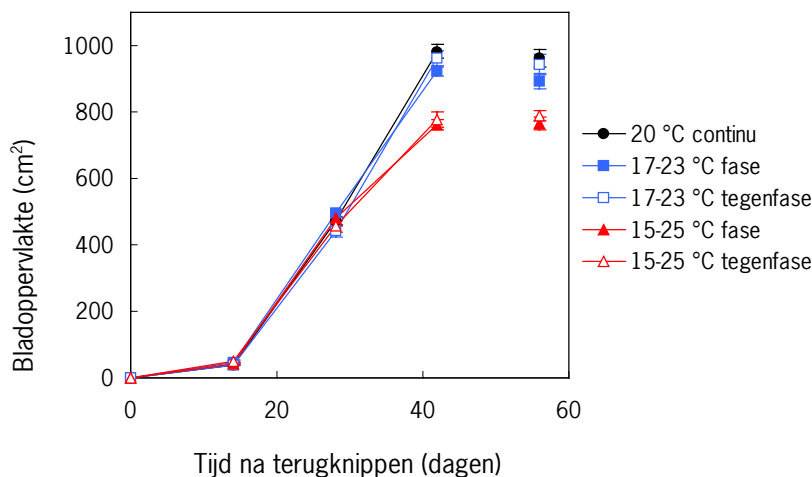
In Figuur 3.9 is het verloop van het versgewicht van de scheut in de tijd uitgezet. Zoals uit Tabel 3.2 blijkt, bereikten planten tussen de 45 en 50 dagen, afhankelijk van de behandeling het veilstadium. Op dat moment begonnen nieuwe knoppen uit te lopen, die echter steeds werden verwijderd. Planten die eerder het veilstadium hadden bereikt, werden daarom meer gehinderd in hun gewichtstoename dan planten die later snijrijp waren. Dit verklaart het verloop van het takgewicht in Figuur 3.9 tussen 42 en 56 dagen.



Figuur 3.9. Verloop van het versgewicht van de scheut in de tijd voor de verschillende temperatuurbehandelingen (zie legenda) bij toepassing van 14-daagse temperatuurintegratie. Meetpunten zijn het gemiddelde van 24 planten met se.

Uit de statistische analyse van de resultaten bleek dat naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie toenam, het versgewicht van de scheut kleiner werd. Deze afname is niet significant voor een bandbreedte van 6°C, wel voor 10°C. Ook de starttemperatuur beïnvloedde het versgewicht van de scheut. Wanneer na terugknippen van de primaire scheut de behandeling gestart werd met een hoge temperatuur, waren de scheuten na 42 dagen significant zwaarder dan wanneer werd begonnen met een lage temperatuur. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een snellere knopuitloop bij een hoge starttemperatuur (zie Tabel 3.2)

Naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie groter was, bleek de bladoppervlakte van de scheuten na 42 dagen groei af te nemen (Figuur 3.10). In de laatste weken van de experimenten nam de bladoppervlakte bij sommige behandelingen af door bladverdroging en bladval van de onderste bladeren aan de stengel.

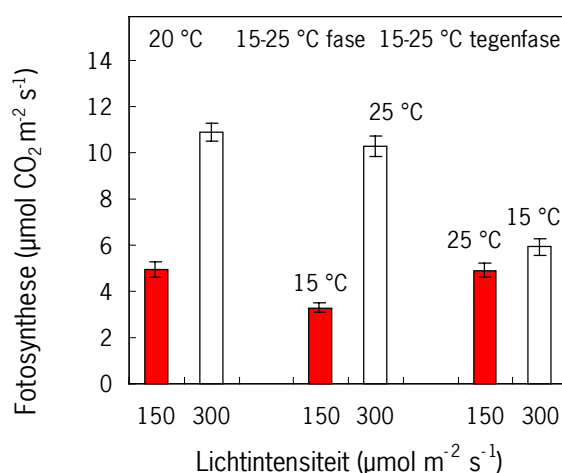


Figuur 3.10. Verloop van de bladoppervlakte van de scheut in de tijd voor de verschillende temperatuurbehandelingen (zie legenda) bij toepassing van 14-daagse temperatuurintegratie. Meetpunten zijn het gemiddelde van 24 planten met se.



### 3.2.4 Fotosynthese

In experimenten 3 en 4 is van de behandelingen 20°C continu, 15-25°C fase en 15-25°C tegenfase de netto fotosynthese gemeten aan planten die bijna het snijstadium hadden bereikt. Fotosynthese is gemeten op 1, 3 en 7 dagen na het wisselen van licht en temperatuur in de klimaatkamers. Omdat de fotosynthesesnelheid bij de gemeten combinaties van licht en temperatuur geen verloop in de tijd vertoonde, zijn de gemeten waarden van de dagen 1, 3 en 7 gemiddeld. Deze data worden weergegeven in Figuur 3.11.

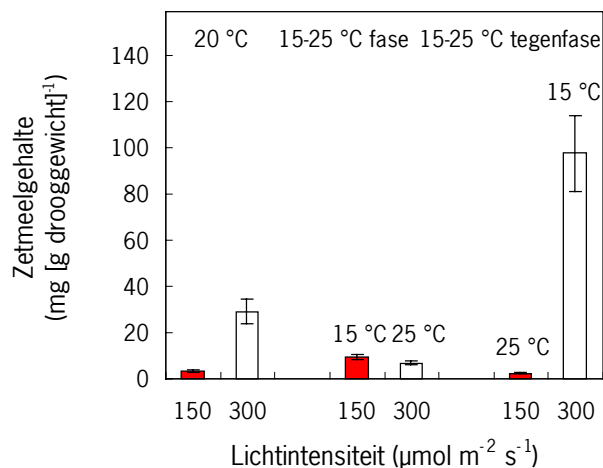


*Figuur 3.11. Netto fotosynthesesnelheid gemeten onder de verschillende condities in de behandelingen 20°C continu, 15-25°C fase en 15-25°C tegenfase. Meetwaarden zijn het gemiddelde met se van 36 metingen op dagen 1, 3 en 7 na de wisseling van temperatuur en licht in de klimaatkamers.*

De fotosynthesesnelheid bij de behandelingen 20°C continu en 15-25°C fase werd bepaald door de lichtintensiteit. Bij deze behandelingen was de fotosynthese bij 300 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> ruim twee maal zo hoog als bij 150 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Dit houdt in dat de plant de ene week een fotosynthesesnelheid heeft die twee maal zo hoog is als de week ervoor en de week erna. Bij de 15-25°C tegenfasebehandeling bleek de fotosynthese bij hoog licht en lage temperatuur veel lager te zijn dan werd verwacht. Blijkbaar wordt de fotosynthese verstoord als planten gedurende enkele weken onder condities staan waarbij licht en temperatuur niet op elkaar afgestemd worden.

### 3.2.5 Zetmeel

Na de fotosynthesemetingen werden de blaadjes waaraan gemeten was ingevroren en het zetmeelgehalte hierin werd vervolgens bepaald. Uit Figuur 3.12 is af te lezen dat wanneer de planten 7 dagen bij 20°C continu en hoog licht hadden gestaan, de hoeveelheid zetmeel in het blad was toegenomen. Na 7 dagen 20°C en weinig licht is deze voorraad weer nagenoeg verdwenen.



Figuur 3.12. Zetmeelgehaltenes gemeten onder de verschillende condities in de behandelingen 20°C continu, 15-25°C fase en 15-25°C tegenfase. Meetwaarden zijn het gemiddelde van 12 planten met se.

Bij de behandeling 15-25°C fase bleek de aanmaak en het verbruik van zetmeel zodanig in evenwicht te zijn, dat het zetmeelgehalte in de bladeren redelijk constant is in de tijd. Daarentegen bleken de zetmeelgehaltenes bij de 15-25°C tegenfase behandeling in de tijd zeer sterk te fluctueren. In de week dat de lichtintensiteit hoog is en de temperatuur laag, worden er door de fotosynthese veel meer assimilaten aangemaakt dan er worden verbruikt voor groei en ademhaling. Hierdoor neemt het zetmeelgehalte in de bladeren sterk toe, tot ca. 10% van het drooggewicht van het blad. In de week dat de temperatuur hoog is en de lichtintensiteit laag, wordt nagenoeg deze hele zetmeelvoorraad weer verbruikt.

### 3.2.6 Conclusies

Uit de uitgevoerde experimenten waarin temperatuurintegratie werd toegepast met een integratieperiode van 14 dagen en een bandbreedte van 0, 6 en 10°C is het volgende af te leiden:

- Naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie groter is, neemt de taklengte van de roos in het snijstadium af.
- Bij een bandbreedte van temperatuurintegratie is er geen systematisch effect van fase of tegenfase behandeling op taklengte, ontwikkelingstijd of gewicht. Het maakt niet uit in welke verhouding licht en temperatuur gegeven worden, zo lang de licht- en temperatuursommen elke 14 dagen gelijk zijn.
- De tijd van terugknippen van de scheut tot de okselknop uitgelopen is (1.5 cm lang) wordt bepaald door de temperatuur gedurende de eerste week na het terugknippen.
- Een grotere bandbreedte van temperatuurintegratie leidt tot een (niet significante) versnelling van de ontwikkelingstijd van knop tot oogstbare bloemtak.
- Naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie groter is, blijken takken na 6 weken minder zwaar te zijn en een kleinere bladoppervlakte te hebben.
- Bij de behandelingen 20°C continu en 15-25°C fase wordt de fotosynthesesnelheid bepaald door de lichtintensiteit en in mindere mate door de temperatuur. Bij de behandeling 15-25°C tegenfase is de fotosynthese bij hoog licht en een lage temperatuur sterk geremd.
- Het zetmeelgehalte in de bladeren bij de behandeling 15-25°C tegenfase is bij hoog licht en lage temperatuur veel hoger dan bij de andere behandelingen.

## 4. Discussie

### 4.1 Effecten van temperatuurintegratie

In het voorgaande hoofdstuk zijn de resultaten van 4 temperatuurintegratie experimenten beschreven met een integratieperiode van 2 of 14 dagen en een bandbreedte van 0, 6 of 10°C . Een van de belangrijkste resultaten is de reductie van de taklengte bij toenemende bandbreedte van temperatuurintegratie, zowel bij een integratieperiode van 2 als van 14 dagen. Wanneer rozen worden geteeld bij constante temperaturen geldt dat de scheuten korter worden naarmate de teelttemperatuur hoger wordt (Van den Berg, 1987, Marcelis-van Acker, 1994). Hieruit valt af te leiden dat de respons van rozen op wisselende temperaturen waarbij de gemiddelde temperatuur constant 20°C is voor wat betreft de scheutlengte lijkt op het verhogen van de gemiddelde temperatuur. Het effect van een temperatuur hoger dan 20°C werkte sterker door dan van een temperatuur lager dan 20°C , een niet-lineaire respons van de ontwikkeling van taklengte op temperatuur. Niet-lineariteit van de temperatuurrespons werd ook gevonden door Steininger *et al.* (2002) in de ontwikkelingssnelheid van rozen, maar pas bij temperaturen rond 25°C . Ook voor andere processen (bloei) en andere gewassen is deze niet-lineariteit beschreven (Yin *et al.*, 1996).

In de ontwikkeling van een rozentak worden 3 stadia onderscheiden: uitloop van de okselknop (tot een scheut van 1.5 cm), (zichtbare) bloemknopvorming en ontwikkeling tot oogstbare bloemtak. In onze experimenten werd de tijd tussen terug snoeien en knopuitloop bij de tweedaagse temperatuurintegratie niet beïnvloed door de aangelegde temperatuurbehandelingen. Bij de 14 daagse temperatuurintegratie bleek dat de snelheid van knopuitloop werd bepaald door de temperatuur in de eerste week na terug snoeien. Bij een temperatuur van 25°C in deze week liepen de knoppen in 6 dagen uit, wanneer de temperatuur 15°C was duurde het 10 dagen tot de knoppen uitgelopen waren tot een lengte van 1.5 cm. Deze resultaten stemmen goed overeen met resultaten van De Vries *et al.* (1982), Van den Berg (1987) en Marcelis-van Acker (1994).

Naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie toenam, nam de tijd tussen terugknippen en het snijrijp zijn van de bloemtak met enkele dagen af. Ondanks het feit dat bij een bandbreedte van 10°C de tijd tot het bereiken van het snijstadium bijna 10% korter is dan bij een constante temperatuur van 20°C , zijn deze verschillen niet significant. Voor roos is door Buwalda *et al.* (1999a, b) in de jaren 1994-1996 onderzoek uitgevoerd. Bij een integratieperiode van 12 dagen en een bandbreedte van 4°C vonden zij voor de kleinbloemige gele roos Frisco en de grootbloemige rode roos Madelon wel een significante versnelling van de ontwikkeling tot snijstadium ten opzichte van 18°C continu.

Dat rozen cultivars verschillen in hun reactie op temperatuurintegratie blijkt ook uit het feit dat de door Buwalda *et al.* (1999a) aangelegde behandelingen bij Frisco geen significante invloed hadden op lengte en takgewicht, maar bij Madelon leidden tot kortere en minder zware takken. In onze experimenten bleek temperatuurintegratie met een integratieperiode van 2 dagen takgewicht en bladoppervlakte bij Red Berlin niet te beïnvloeden. Bij een integratieperiode van 14 dagen daarentegen, namen takgewicht en bladoppervlakte af met toenemende bandbreedte.

Uit een groot aantal onderzoeken is gebleken dat groei en ontwikkeling van de meeste tuinbouwgewassen meer wordt bepaald door de gemiddelde etmaaltemperatuur dan door het precieze verloop van de temperatuur gedurende 1 dag (Bakker & Van Uffelen, 1988; De Koning, 1988; Rijdsdijk & Vogelesang, 2000). Over temperatuurintegratie voor periodes langer dan 1 dag is nog weinig bekend. Uit ons onderzoek blijkt dat temperatuurintegratie met een integratieperiode van 2 dagen mogelijk is, mits een zekere reductie in taklengte geaccepteerd wordt. Bij langere integratieperiodes lijkt het mogelijk temperatuurintegratie toe te passen zonder effecten op takgewicht mits de bandbreedte beperkt gehouden wordt. Om de effecten van de aangelegde temperatuurbehandelingen goed te kunnen bestuderen, is in ons

onderzoek gebruik gemaakt van modelplanten met een uniforme knopuitloop. Een beperking van deze modelplanten is de beperkte 'bufferende' bladmassa in vergelijking tot een rozengeas zoals deze in de praktijk geteeld wordt. Mogelijk kan een praktijkgeas temperaturen integreren met een grotere bandbreedte en over een grotere integratieperiode dan uit ons onderzoek is gebleken, hetgeen ook blijkt uit onderzoek van Buwalda *et al.* (1999c). Uit een praktijktoets die zij uitvoerden met een meerdaagse integrerende regeling (bandbreedte 10°C) bij een aantal rozencultivars bleek dat de productie en kwaliteit niet beïnvloed werden door deze klimaatregeling, terwijl 10-15% energiebesparing werd gerealiseerd.

## 4.2 Temperatuurintegratie afgestemd op lichtniveau

Zoals in de inleiding reeds werd gezegd was de verwachting dat een verdere energiebesparing met temperatuurintegratie gerealiseerd zou kunnen worden door de temperatuur aan te passen aan het lichtniveau (van Straten *et al.*, 2002). In ons onderzoek was de basis van alle aangelegde behandelingen een variatie in lichtniveau per dag (2-daagse integratieperiode) of per week (14-daagse integratieperiode). De temperatuur wisselde met het licht mee (in fase; hoge temperatuur bij hoog licht, lage temperatuur bij laag licht) of wisselde tegen het licht in (in tegenfase; lage temperatuur bij hoog licht, hoge temperatuur bij laag licht). De verwachting hierbij was dat door het afstemmen van de temperatuur op de lichtintensiteit de aanmaak en verwerking van assimilaten in evenwicht zullen zijn. Groei en ontwikkeling van de planten zouden dan beter zijn dan wanneer licht en temperatuur in 'tegenfase' zijn. Uit onze resultaten bleek daarentegen dat de verhouding waarin licht en temperatuur gegeven worden de taklengte, ontwikkelingstijd en het scheutgewicht niet beïnvloeden; er was geen verschil in groei en ontwikkeling tussen de 'fase' en 'tegenfase' behandeling. Bij de 14-daagse temperatuurintegratiebehandeling is wel te zien dat de lengtegroei in de fase- en tegenfasebehandelingen gedurende de twee weken uiteenliep, maar zo gauw de licht- en temperatuursommen weer gelijk waren (elke 14 dagen), bleek ook de taklengte weer ongeveer gelijk te zijn bij beide handelingen (Figuur 3.8). Het feit dat fase- en tegenfasebehandeling geen effect hebben op de groei en ontwikkeling zou betekenen dat het niet uitmaakt onder welke lichtintensiteit een bij de toepassing van temperatuurintegratie opgebouwd temperatuurtekort of -overschot wordt gecompenseerd. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de lichtintensiteiten waarmee in dit onderzoek gewerkt is, relatief laag zijn (150 respectievelijk 300  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) en zijn te vergelijken met lichtsommen in het voorjaar en najaar, maar niet met de lichtsommen in de zomer. Het is mogelijk dat bij hogere lichtintensiteiten het wel uitmaakt wat de verhouding is tussen temperatuur en lichtintensiteit voor de groei van de plant.

De verwachting was dat wanneer de temperatuur op de lichtintensiteit wordt afgestemd, de aanmaak en verwerking van assimilaten in evenwicht zouden zijn. In ons onderzoek hebben we de bladfotosynthesesnelheid gemeten, als maat voor de aanmaak van assimilaten, en het zetmeelgehalte in de bladeren als maat voor de hoeveelheid opgeslagen assimilaten.

Uit de resultaten van de 2-daagse temperatuurintegratie bleek dat de fotosynthesesnelheid werd bepaald door de lichtintensiteit. Temperatuur had hierop nauwelijks effect. De fotosynthesesnelheid was bij de behandelingen 20°C continu en 15-25°C fase en tegenfase ongeveer even hoog, hetgeen aangeeft dat de 2-daagse temperatuurintegratie met een bandbreedte van 10°C geen verstoringen in het fotosyntheseproces veroorzaakte. Bij de 14-daagse temperatuurintegratie werd de fotosynthese bij de behandelingen 20°C continu en de 15-25°C fase eveneens voornamelijk bepaald door de lichtintensiteit. Bij de 15-25°C tegenfasebehandeling daarentegen bleek de fotosynthese bij hoog licht veel lager te liggen dan was verwacht.

Bij de 2-daagse integratieperiode bleken er nauwelijks verschillen te zijn in zetmeelgehalten in het blad tussen de behandelingen 20°C continu en 15-25°C fase en tegenfase. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de aanmaak en afvoer van assimilaten in al deze behandelingen zodanig in evenwicht is dat het zetmeelgehalte op een constant niveau gehouden kan worden. Bij de 14-daagse temperatuurintegratie

daarentegen bleek het zetmeelgehalte in het blad bij de 15-25°C tegenfasebehandeling sterk te fluctueren in de tijd. In de week dat de lichtintensiteit hoog is en de temperatuur laag, wordt er middels de fotosynthese veel meer assimilaten aangemaakt dan worden verbruikt voor groei en ademhaling. Hierdoor neemt het zetmeelgehalte in het blad sterk toe. In de week dat de temperatuur hoog is en de lichtintensiteit laag, wordt nagenoeg deze hele zetmeelvoorraad weer verbruikt. Het zeer hoge zetmeelgehalte in het blad in de weken met hoog licht en lage temperatuur kan de oorzaak zijn van de fotosynthese die onder die condities lager was dan verwacht (feed-back remming van de fotosynthese).

Uit deze resultaten blijkt dat wanneer planten gedurende enkele weken bij condities staan waarbij licht en temperatuur wekelijks tegen elkaar in wisselen, het fotosyntheseproces verstoord is en de assimilatenbuffer uit balans is. Dit vertaalt zich (nog) niet in een gereduceerde groei of vertraagde ontwikkeling. Deze onbalans is wel een aanwijzing dat het mogelijk is dat verstoringen in groei en ontwikkeling kunnen optreden als planten gedurende langere tijd onder omstandigheden worden geteeld waarbij licht en temperatuur niet op elkaar zijn afgestemd.



## 5. Conclusies en aanbevelingen

De doelstelling van dit project was het vaststellen wat de fysiologische beperkingen en mogelijkheden zijn van het toepassen van temperatuurintegratie in afhankelijkheid van de lichtintensiteit bij de teelt van snijrozen. Om het doel te realiseren werden 4 temperatuurintegratie experimenten uitgevoerd bij wisselende lichtintensiteiten met de grootbloemige rode snijroos 'Red Berlin'. Hierin werd temperatuurintegratie toegepast met een integratieperiode van 2 of 14 dagen en een bandbreedte van 0, 6 en 10°C .

### 5.1 Conclusies

Voor de toepassing van temperatuurintegratie in de teelt van snijrozen is lengtegroei het meest kritische proces. Een belangrijke reden hiervoor is het feit dat de (veiling)prijs van rozen onder andere wordt bepaald door de lengte van de aangevoerde bloemtak. Uit de resultaten bleek dat naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie toeneemt, de taklengte in het snijstadium afneemt. Deze afname is sterker naarmate de integratieperiode langer is. Indien een zekere reductie van de taklengte voor de praktijk acceptabel is, kan temperatuurintegratie met een bandbreedte van 6°C zelfs bij lange integratieperiodes toegepast worden zonder effecten op ontwikkelingssnelheid en takgewicht.

Bij de lichtintensiteiten die in dit onderzoek zijn gebruikt, heeft het al dan niet afstemmen van temperatuur op licht geen effect op lengte, ontwikkelingssnelheid, gewicht of bladoppervlakte. Dit geeft aan dat in de periode van het jaar waarin temperatuurintegratie het meest relevant is, namelijk de winter waarin de lichtintensiteiten in het algemeen laag zijn, het niet uit maakt of een 'tekort' aan temperatuur gecompenseerd wordt op heldere of donkere dagen. Wel blijkt uit de gegevens van de fotosynthese en zetmeelgehalten dat wanneer rozen gedurende een week bij lage temperatuur en hoge lichtintensiteit staan, er zetmeelophoping in het blad optreedt en een reductie van de fotosynthesesnelheid. Maar uit het feit dat de groei en ontwikkeling van deze planten niet geremd was ten opzichte van de 'fase' behandelde planten, blijkt dat planten een beperkte periode waarin temperatuur en lichtintensiteit niet op elkaar zijn afgestemd tolereren zonder negatieve gevolgen.

### 5.2 Aanbevelingen

Om de effecten van temperatuurintegratie op groei en ontwikkeling van rozentakken te volgen in de tijd, is in dit project gebruik gemaakt van modelplanten. Deze bestonden uit bewortelde stekken die teruggeknipt werden en waarvan alleen de bovenste okselknop mocht uitlopen. Knopuitloop van deze modelplanten was zeer uniform, hetgeen van belang is om de effecten van de aangelegde temperatuurbehandelingen te kunnen vergelijken. Een beperking van deze modelplanten is de beperkte 'bufferende' blad-, stengel- en wortelmassa in vergelijking tot rozenplanten zoals deze in de praktijk geteeld worden. De verwachting is dat deze modelplanten hierdoor minder goed in staat zullen zijn om wisselende temperaturen te integreren dan een praktijkgewas. Dit zou kunnen betekenen dat de integratiecapaciteit van een rozengewas groter is dan uit dit onderzoek blijkt. Het zou aanbeveling verdienen om op een vergelijkbare wijze zoals in dit onderzoek is gedaan, de integratiecapaciteit van een praktijkgewas te onderzoeken.

In het hier beschreven onderzoek is gebruik gemaakt van de grootbloemige rode snijroos 'Red Berlin'. Door Buwalda *et al.* (1999a, b) is in de jaren 1994-1996 onderzoek naar temperatuurintegratie uitgevoerd met de oudere cultivars Madelon (grootbloemig rood) en Frisco (kleinbloemig geel). Bij Madelon bleken de bloemtakken bij wisselende temperaturen gemiddeld korter en minder zwaar te worden, terwijl bij Frisco geen effect van temperatuurintegratie op taklengte en -gewicht werd gevonden. Roos is een gewas waarbij de levensduur van cultivars tegenwoordig in het algemeen beperkt blijft tot enkele jaren.

Het verdient aanbeveling de rozen in te delen in cultivargroepen en dit type onderzoek uit te voeren met cultivars die als representant voor een groep cultivars kunnen dienen. Zo is het mogelijk (kostbaar) onderzoek een grotere algemene geldigheid te geven dan wanneer het wordt uitgevoerd met één cultivar van één gewas.

Uit het hier beschreven onderzoek blijkt dat naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie toeneemt, de stengellengte afneemt. Dit effect van temperatuurwisselingen lijkt sterk op het effect van het verhogen van de gemiddelde teelttemperatuur bij roos. Hieruit valt af te leiden dat het mogelijk zou kunnen zijn bij rozen de teelttemperatuur lager in te stellen bij het toestaan van temperatuurintegratie: een dubbele energiebesparing. Uit berekeningen die in het project 'Verlagen van de teelttemperatuur bij toepassing van temperatuurintegratie' zijn gedaan, blijkt dat het verlagen van de teelttemperatuur in de belichte rozenteelt slechts weinig energiebesparing oplevert door het grote warmteoverschot als gevolg van de belichting (De Zwart en Dieleman, 2003). Het verdient aanbeveling om te onderzoeken of het principe van verlaagde teelttemperatuur bij toepassing van temperatuurintegratie bij andere gewassen hetzelfde werkt als bij rozen. Wanneer dit gewassen zouden zijn die niet of nauwelijks belicht worden, zou dit principe wel de dubbele energiebesparing op kunnen leveren.

In de teelt van rozen is stengellengte een belangrijke factor, omdat het mede de prijs van de bloemtak bepaalt. Voor een aantal andere gewassen geldt daarentegen dat compactheid wordt betaald, met name bij potplanten. Voor deze gewassen kan de toepassing van temperatuurintegratie positieve effecten hebben op de plantontwikkeling, en in een aantal gevallen het gebruik van remstoffen doen verminderen. Uit onderzoek van Buwalda (1999a) bleek reeds dat Ficus, Kalanchoë en chrysant een grote integratiecapaciteit beschikken. Een verregaande temperatuurintegratie gaf bij chrysant problemen met inductie en realisatie van bloei, maar beïnvloedde bijvoorbeeld het moment van bloei bij Kalanchoë en het uitlopen van zijstelen bij Ficus positief. Ook in ons onderzoek leek temperatuurintegratie de bloei te kunnen versnellen, hetgeen voor de teelt van bloeiende potplanten in zijn algemeenheid positief is. Ook voor gewassen waarbij lengtegroei geen prijsbepalende factor is, zoals bijvoorbeeld vruchtgroenten, biedt dit onderzoek aanknopingspunten. Daarbij moet vanzelfsprekend wel gekeken worden naar waar de temperatuurgrenzen liggen voor de processen die voor deze gewassen kritisch zijn, zoals vruchtzetting.

Uit onze resultaten blijkt dat rozenplanten gedurende enkele weken onder condities geteeld worden waarbij licht en temperatuur tegen elkaar in wisselen er geen groeireductie optrad, mits de licht- en temperatuursommen periodiek hetzelfde zijn. Wel bleek het fotosyntheseproces verstoord te zijn en was de assimilatenbuffer uit balans. Het is mogelijk dat wanneer planten gedurende langere tijd bij omstandigheden worden geteeld waarbij licht en temperatuur niet op elkaar zijn afgestemd, er wel verminderde groei optreedt. Het verdient aanbeveling om in vervolgonderzoek naar temperatuurintegratie nauwkeuriger te kijken naar de fotosynthese en zetmeelgehalten om een idee te krijgen hoe lang planten een onbalans van temperatuur en licht tolereren voordat hun assimilatenbuffer uit evenwicht raakt en op welke termijn dit consequenties heeft voor de groei en ontwikkeling van een gewas.

Op 4 december 2002 is door Plant Research International in het kader van dit project een workshop temperatuuronderzoek georganiseerd (zie bijlage I). In de algemene discussie werden een aantal thema's aangedragen waarnaar verder onderzoek wenselijk zou zijn dan wel waar in toekomstig onderzoek rekening mee gehouden dient te worden.

- Het potentieel van temperatuurintegratie wordt niet ten volle benut omdat tuinders bang zijn voor de risico's. Een hogere, meer constante temperatuur, met daarmee gepaard gaande hogere energiekosten wordt beschouwd als een 'verzekeringspremie' tegen de risico's. De penetratie van temperatuurintegratie in de praktijk zal groter worden als de risico's duidelijker in kaart gebracht worden en ondervangen kunnen worden.
- Van tolerantiegrenzen voor temperatuur van allerhande afzonderlijke gewassen is weinig bekend. Het zou wenselijk zijn temperatuurgrenzen per gewasgroep te onderzoeken, en de daarmee verkregen algemene waarden in een model te brengen, zodat berekend kan worden wat de potentie is van temperatuurintegratie voor betreffend gewas of gewasgroep.



- Uit allerlei onderzoeken in de loop der decennia hebben tuinders beslisregels afgeleid, bijvoorbeeld ‘voornacht verhoging’, ‘droog de nacht uit komen’, etc. Tuinders hebben nu te maken met zoveel van dit soort regels dat dit geen ruimte meer laat voor temperatuurintegratie. Het zou wenselijk zijn als het onderzoek met een nieuwe regel kwam, ze er ook bij zegt welke oude regel daarmee kan vervallen.
- Om teeltdoelen te bereiken moet een tuinder nu allerlei instellingen (buis, ramen) regelmatig bijstellen. Het zou wenselijk als alle informatie die uit het onderzoek komt zodanig in klimaatcomputers ingepast wordt, dat deze kunnen sturen op doelen, in plaats van op middelen.



## 6. Literatuur

- Bailey, B.J. & I. Seginer, 1989.  
Optimum control of greenhouse heating. *Acta Horticulturae* 245: 512-518.
- Bakker, J.C. & J.A.M. van Uffelen, 1988.  
The effects of diurnal temperature regimes on growth and yield of glasshouse sweet pepper. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 36: 201-208.
- Buwalda, F., B. Eveleens & R. Wertwijn, 1999a.  
Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen. Een inventarisatie van kritische processen bij zes sierteeltgewassen. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Rapport 119. 74 pp.
- Buwalda, F., B. Eveleens & R. Wertwijn, 1999b.  
Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen. Effecten van lichtniveau, temperatuurniveau en wachttijd op de integratiecapaciteit van *Ficus*, *Kalanchoe*, *Gerbera* en roos. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Rapport 120. 103 pp.
- Buwalda, F., A.A. Rijdsijk, G.J.L. van Leeuwen, A. Hattendorf & J.V.M. Vogelezang, 1999c.  
Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen. Toetsen van een meerdaags integrerende temperatuurregeling onder realistische teeltomstandigheden. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Rapport 176. 34 pp.
- De Gelder, A., 2003.  
Benadering van temperatuurgrenzen bij temperatuurintegratie. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Rapport, 18 pp.
- De Hoog, J., 1998.  
Teelt van kasrozen. Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente. 218 pp.
- De Koning, A.N.M., 1988.  
The effect of different day/night temperature regimes on growth, development and yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 63: 465-471
- De Koning, A.N.M., 1990.  
Long-term temperature integration of tomato. Growth and development under alternating temperature regimes. *Scientia Horticulturae* 45: 117-127
- De Vries, D.P., L. Smeets & L.A.M. Dubois, 1982.  
Interaction of temperature and light on growth and development of hybrid tea-rose seedlings, with reference to breeding for low-energy requirements. *Scientia Horticulturae* 17: 377-382.
- De Vries, D.P., L.A.M. Dubois & L. Smeets, 1986.  
The effect of temperature on axillary bud-break of hybrid tea-rose seedlings. *Scientia Horticulturae* 28: 281-287.
- De Zwart, H.F. & J.A. Dieleman, 2003.  
Energiebesparing bij belichte rozen middels verlaging van de teelttemperatuur. Rapport van fase 1 van het project 'Verlagen van de teelttemperatuur bij gebruik van temperatuurintegratie'. Plant Research International, Nota 271. 9 pp.
- Hurd, R.G. & C.J. Graves, 1984.  
The influence of different temperature patterns having the same integral on the earliness and yield of tomatoes. *Acta Horticulturae* 148: 547-554.
- Maas, F.M. & E.J. Bakx, 1997.  
Growth and flower development in roses as affected by light. *Acta Horticulturae* 418: 127-134.
- Marcelis-van Acker, C.A.M., 1994.  
Axillary bud development in rose. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen. 131 pp.
- Rijdsijk, A.A. & J.V.M. Vogelezang, 2000.  
Temperature integration on a 24-hour base: a more efficient climate control strategy. *Acta horticulturae* 519: 163-169.

- Seginer, I., C. Gary & M. Tchamitchian, 1994.  
Optimal temperature regimes for a greenhouse crop with a carbohydrate pool: A modelling study. *Scientia Horticulturae* 60: 55-80.
- Steininger, J., C.C. Pasian & J.H. Lieth, 2002.  
Extension of a thermal unit model to represent nonlinearities in temperature response of miniature rose development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127: 349-354.
- Van den Berg, G.A., 1987.  
Influence of temperature on bud break, shoot growth, flower bud atrophy and winter production of glasshouse roses. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen. 170 pp.
- Van den Berg, G.A., F. Buwalda & E.C. Rijpsma, 2001.  
Praktijkdemonstratie meerdaagse temperatuurintegratie. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, sector Glastuinbouw, Rapport 501. 48 pp.
- Van de Braak, N.J. & H.F. de Zwart, 2001.  
Analyse energiebesparing door temperatuurintegratie. IMAG Nota P 2001-98. 15 pp.
- Van Straten, G., H. Challa & F. Buwalda, 2000.  
Towards user accepted optimal control of greenhouse climate. *Computers and Electronics in Agriculture* 26: 221-238.
- Yin, X., M.J. Kropff & R.H. Ellis, 1996.  
Rice flowering in response to diurnal temperature amplitude. *Field Crops Research* 48: 1-9.

## Bijlage I.

### Workshop temperatuuronderzoek

Op 4 december 2002 is door Plant Research International in het kader van het in deze nota beschreven project een workshop temperatuuronderzoek georganiseerd. Doel van deze middag was het stimuleren van kennisuitwisseling tussen onderzoekers op gebied van temperatuuronderzoek. Op verschillende onderzoeksinstellingen in Nederland vindt onderzoek plaats naar mogelijkheden tot energiebesparing door aanpassingen in teelttemperatuur in kassen. In dit onderzoek gaat het zowel om de technische, fysiologische, genetische, teeltkundige, sociale en economische aspecten. In de workshop is getracht al deze aspecten aan bod te laten komen.

Het programma van deze workshop was als volgt:

12.00 uur	Ontvangst met broodjes
13.00-13.10	Welkom (Leo Marcelis)
13.10-13.40	Nico v.d. Braak (A&F): Toepassing en effecten van temperatuurintegratie in de praktijk
13.40-14.10	Fokke Buwalda (PPO): Temperatuurintegratie – risico of kans?
14.10-14.40	Marc Ruijs (LEI): Temperatuuronderzoek voor energiebesparing vanuit sociaal-economisch perspectief
14.40-15.10	Koffie/thee
15.10-15.40	Anja Dieleman (PRI): Fysiologische mogelijkheden en beperkingen van temperatuurintegratie bij roos
15.40-16.10	Derk Bol (Productschap Tuinbouw): Visie op temperatuuronderzoek t.b.v. energiebesparing
16.10-17.00	Algemene discussie en conclusies

Aan deze workshop is door 36 deelnemers vanuit Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Agrotechnology & Food Innovations, Landbouweconomisch Instituut, Plant Research International, diverse leerstoelgroepen van Wageningen UR, Rijksuniversiteit Groningen en Productschap Tuinbouw deelgenomen.

De presentaties waren van hoog niveau en ontlokten de nodige reacties, vragen en opmerkingen aan de zaal. Aan de deelnemers die aangaven daarin geïnteresseerd te zijn, zijn de sheets na afloop van deze middag toegezonden.

In de algemene discussie zijn de volgende onderwerpen besproken:

- Temperatuuronderzoek in relatie tot energiebesparing richt zich op de volgende aspecten:
  - Temperatuurintegratie
  - Telen bij (gemiddeld) lagere temperatuur
  - Telen op basis van een optimale groei door gebruik te maken van relaties licht, temperatuur en CO<sub>2</sub>
- Het potentieel van temperatuurintegratie wordt niet ten volle benut omdat tuinders bang zijn voor de risico's. Een hogere, meer constante temperatuur, met daarmee gepaard gaande hogere energiekosten wordt beschouwd als een 'verzekeringspremie' tegen de risico's. De penetratie van temperatuurintegratie in de praktijk zal groter worden als de risico's duidelijker in kaart gebracht worden en ondervangen kunnen worden.
- Van tolerantiegrenzen voor temperatuur van allerhande afzonderlijke gewassen is weinig bekend. Het zou wenselijk zijn temperatuurgrenzen per gewasgroep te onderzoeken, en de daarmee verkregen algemene waarden in een model te brengen, zodat berekend kan worden wat de potentie is van temperatuurintegratie voor betreffend gewas of gewasgroep.

- Uit allerlei onderzoeken in de loop der decennia hebben tuinders beslisregels afgeleid, bijvoorbeeld 'voornacht verhoging', 'droog de nacht uit komen', etc. Tuinders hebben nu te maken met zoveel van dit soort regels dat dit geen ruimte meer laat voor temperatuurintegratie. Het zou wenselijk zijn als het onderzoek met een nieuwe regel kwam, ze er ook bij zegt welke oude regel daarmee kan vervallen.
- Om teeltdoelen te bereiken moet een tuinder nu allerlei instellingen (buis, ramen) regelmatig bijstellen. Het zou wenselijk zijn als alle informatie die uit het onderzoek komt zodanig in klimaatcomputers ingepast wordt, dat deze kunnen sturen op doelen, in plaats van op middelen.

Concluderend is te zeggen dat het doel van de workshop, namelijk kennisuitwisseling, zeker is gehaald. De wenselijkheid van vervolgbijeenkomsten met als doel kennisuitwisseling op het gebied van energiebesparingsonderzoek werd uitgesproken. De programmaleiding van het energieprogramma zal hierin een leidende rol spelen.