



# Temperatuurintegratie: verleden, heden en toekomst

Anne Elings, Arca Kromwijk, Faline Plantenga en Nastassia Vilfan

Rapport WPR-992

## Referaat

Het Nieuwe Telen biedt nieuwe inzichten in de vocht-, energie- en assimilatenbalansen om beter te begrijpen en duurzamer en energiezuiniger te telen. Het wil pieken in het energieverbruik reduceren. Zulke pieken kunnen bijvoorbeeld ontstaan als op donkere winterdagen er veel wind staat en er bij een onbelichte teelt verwarmd moet worden om de kastemperatuur op peil te houden. Daarnaast kan er in koude nachten, als de schermen niet voldoende warmte kunnen vasthouden, een energievraag ontstaan. Temperatuurintegratie is een van de middelen om het piekverbruik en de kosten van duurzame warmte te beperken. Het basisconcept is: verbruik niet meer energie dan nodig op koudere momenten en koel zo weinig mogelijk op warmere momenten. Hierbij zal er een beroep gedaan worden op de langdurige plasticiteit van het gewas op het gebied van groei en ontwikkeling. Deze studie inventariseert bestaande kennis over temperatuurintegratie, met name over langere perioden, vanuit het onderzoek en de praktijk, en geeft richtingen voor nieuwe ontwikkelingen. Er wordt aandacht gegeven aan vruchtgroenten en andere groenten, groene potplanten, bloeiende potplanten en snijbloemen. Er wordt beargumenteerd dat temperatuurintegratie is een goede aanvulling is op de strategie van Het Nieuwe Telen.

## Abstract

'Het Nieuwe Telen' offers new insights in the water, energy and assimilate balances to better understand and to grow crop more sustainably and with lower energy use. It wants to reduce peaks in energy consumption. Such peaks can for example occur during dark and windy winter days, when heating is required to maintain temperature. Also, in case screens can not sufficiently insulate, a demand for energy can occur during cold nights. Temperature integration is one of the means to limit peaks in costs of energy consumption. The basic concept is: do not use more energy than necessary at cold moments and cool as little as possible at warm moments. This will call on the long-term plasticity of the crop in terms of growth and development. This study makes an inventory of existing knowledge on temperature integration, in particular over longer periods, from the perspectives of both research and practice, and suggests directions for future development. It pays attention to fruit and other vegetables, green potted plants, flowering potted plants, and cut flowers. It is argued that temperature integration is a good addition to the strategy of 'Het Nieuwe Telen'.

## Rapportgegevens

Rapport WPR-992

Projectnummer: 3742265100

KaE nummer: 20096

DOI nummer: 10.18174/538466

BO nummer: BO-53-004-012

Thema: Energie

Het project 'Temperatuurintegratie: verleden, heden en toekomst' is in opdracht van het programma 'Kas als Energiebron', met financiering van het Ministerie van LNV, LTO Glaskracht Nederland en Stichting Programmafonds Glastuinbouw uitgevoerd.

## Disclaimer

© 2021 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research).

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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 Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Adresgegevens

### Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
	1.1 Probleemstelling	7
	1.2 Doelstelling	7
<b>2</b>	<b>Onderzoeksaanpak</b>	<b>9</b>
	2.1 Werkpakket 1: Literatuurstudie - verleden	9
	2.2 Werkpakket 2: Gesprekken met de praktijk – heden	9
	2.3 Werkpakket 3: Aandachtspunten voor de toekomst	9
<b>3</b>	<b>Fysiologische processen</b>	<b>11</b>
	3.1 Wat is temperatuurintegratie eigenlijk?	11
	3.2 Ontwikkeling	12
	3.3 Fotosynthese	13
	3.4 Onderhoudsademhaling	14
	3.5 Sinksterkte	15
	3.6 Assimilatenbalans	15
	3.7 Gewasarchitectuur	16
	3.8 Kwaliteit	17
	3.9 Generatief en vegetatief	17
<b>4</b>	<b>Temperatuurintegratie over een korte periode</b>	<b>19</b>
	4.1 Groentegewassen	19
	4.1.1 Tomaat	19
	4.1.2 Komkommer	21
	4.1.3 Paprika	22
	4.1.4 Aubergine	23
	4.1.5 Sla	23
	4.1.6 Andijvie	23
	4.1.7 Koolrabi	23
	4.1.8 Radijs	23
	4.2 Groene potplanten	24
	4.2.1 Ficus	24
	4.2.2 Dieffenbachia	24
	4.2.3 Schefflera	24
	4.2.4 Yucca	24
	4.2.5 Hedera	24
	4.3 Bloeiende potplanten	25
	4.3.1 Chrysant	25
	4.3.2 Kalanchoë	26
	4.3.3 Begonia	26
	4.3.4 Hydrangea	26
	4.3.5 Petunia	26
	4.3.6 Saintpaulia	27
	4.3.7 Dahlia, afrikaantje, zinnia	27
	4.3.8 Kerstster / Poinsettia	27

4.4	Snijbloemen	28
4.4.1	Roos	28
4.4.2	Gerbera	28
4.4.3	Alstroemeria	28
4.4.4	Freesia	29
4.4.5	Tulp	29
4.4.6	Lelie	29
4.4.7	Anthurium	29
4.4.8	Ranonkel	30
4.5	Diversen	30
4.5.1	Kruiden	30
<b>5</b>	<b>Temperatuurintegratie over een lange periode</b>	<b>31</b>
5.1	Groentegewassen	31
5.1.1	Tomaat	31
5.1.2	Paprika	32
5.1.3	Courgette	32
5.2	Groene potplanten	33
5.2.1	Zamioculcas	33
5.3	Bloeiende potplanten	33
5.3.1	Poinsettia (kerstster)	33
5.3.2	Hortensia	33
5.3.3	Bromelia	34
5.3.4	Guzmania	35
5.3.5	Potanthurium	35
5.3.6	Phalaenopsis	35
5.4	Snijbloemen	35
5.4.1	Roos	35
5.4.2	Cymbidium	36
5.4.3	Hippeastrum (amaryllis)	36
5.4.4	Anjer	37
5.4.5	Lelie	37
5.5	Temperatuurintegratie in de praktijk	37
5.5.1	Workshopverslag	38
<b>6</b>	<b>Discussie</b>	<b>41</b>
6.1	Reflectie	41
6.1.1	Temperatuurintegratie en Het Nieuwe Telen	42
6.2	Toekomstperspectieven	42
	<b>Literatuur</b>	<b>45</b>
	<b>Bijlage 1 Workshop</b>	<b>53</b>



# Samenvatting

Het Nieuwe Telen biedt nieuwe inzichten in de vocht-, energie- en assimilatenbalans om beter te begrijpen en duurzamer en energiezuiniger te telen. Een van de aspecten van Het Nieuwe Telen is het reduceren van pieken in het energieverbruik. Zulke pieken kunnen bijvoorbeeld ontstaan als op donkere winterdagen er veel wind staat en er verwarmd moet worden om de kastemperatuur op peil te houden. Dit zal eerder bij onbelichte dan bij belichte teelten het geval zijn. Op zonnige winterdagen zal de warmtestraling van de zon de warmtebehoefte temperen. Daarnaast kan er in koude nachten, als de schermen niet voldoende warmte kunnen vasthouden, een energievraag ontstaan. Er zal een beroep gedaan worden op de langdurige plasticiteit van het gewas op het gebied van groei en ontwikkeling. De randen van wat mogelijk is moeten daarvoor heel duidelijk zijn. Temperatuurintegratie (TI) is een van de middelen om het piekverbruik en de kosten van duurzame warmte te beperken. Het basisconcept van temperatuurintegratie is: verbruik niet meer energie dan nodig op koudere momenten en koel of ventileer zo weinig mogelijk op warmere momenten, waarbij de speelruimte wordt bepaald door de gemiddelde waarde van en variatie in de temperatuur over een bepaalde periode die een gewas kan hebben. De doelstelling van deze studie is het inventariseren van bestaande kennis over temperatuurintegratie, met name over langere perioden, vanuit het onderzoek en de praktijk, en het opstellen van bruikbare boodschappen voor nieuwe ontwikkelingen. Na een korte beschrijving van relevante fysiologische processen is er een samenvatting gegeven van onderzoeksverslagen en academische literatuur. Voor de volledigheid en gedachtenvorming wordt ook de kortetermijn TI behandeld. Er wordt enkele decennia in te tijd terug gegaan, en er worden verschillende gewassen behandeld, geordend binnen een aantal gewasgroepen: (vrucht)groenten, groene en bloeiende potplanten, en snijbloemen. Tijdens een workshop met telers van verschillende gewassen is gesproken over de manier waarop momenteel met TI wordt omgegaan, en tot slot worden de perspectieven voor langetermijn TI gegeven.

Experimenten met vruchtgroenten wijzen uit dat langetermijn TI geen grote effecten op ontwikkeling en productie heeft. Toch bevelen tuinders voor vruchtgroenten langetermijn TI niet aan omdat men beducht is voor onregelmatigheden, in het geval van paprika bijvoorbeeld voor wat betreft zetting.

Voor andere groentegewassen bestaat er niet veel kennis over langetermijn TI, zodat het om deze reden niet met een gerust hart kan worden aanbevolen. Een duidelijke positieve uitzondering is een gewas als koolrabi met een duidelijk opslagorgaan voor zetmeel. Dit biedt veel mogelijkheden voor TI.

In het geval van groene potplanten kon alleen literatuur over *Zamioculcas* over langetermijn TI worden gevonden, waarin melding werd gemaakt van verlaagde setpoints in de winter in combinatie met hogere zomertemperaturen en een vroeger vallende verkoopdatum (Balk *et al.* 2019). Uit de literatuur over kortetermijn TI kon niet veel worden afgeleid. De praktijk ziet TI tot 2 weken als haalbaar; het langer toepassen zou het proberen waard zijn.

Bloeiende potplanten met verschillende groeifasen en navenant langere teeltduur kennen goede mogelijkheden voor langetermijn TI. De achterstand die in de ene fase in de winter wordt opgelopen kan in een andere fase in de zomer worden ingelopen. Hierbij moet natuurlijk wel worden gelet op het behoud van kwaliteit en de juiste afleverdatum. Bij korte teelten zoals bijvoorbeeld potchrysant kan de leverdatum vertraging oplopen als niet binnen de teeltduur gecompenseerd kan worden, wat in het geval van afspraken als bij contracteelt niet gewenst is. Het kan ook leiden tot stagnatie binnen het bedrijf als de planning van ruimte en arbeid niet kan worden gerealiseerd. Er zijn aan de andere kant ook bedrijven die iedere week nieuwe planten oppotten en steeds meerdere stadia in een kas hebben staan. Dit biedt mogelijkheden om rekening te houden met variatie in de planning. Rekenmodellen die deze processen beschrijven kunnen een hulpmiddel zijn om de teelt te plannen.

In het geval van snijbloemen is langetermijn TI riskant, omdat de kwaliteit van het oogstbaar product er te lijden van kan hebben (bijvoorbeeld een afwijkende stengelmaat). Het kwaliteitsaspect bij snijbloemen is dusdanig belangrijk dat hier weinig ruimte voor compromis is.

De tuinders vatten de situatie tijdens de workshop op de volgende manier samen: de temperatuur van vruchtgroenten moeten binnen een week worden gecompenseerd en die van potplanten binnen 1,5 tot 2 weken. Hieraan kan worden toegevoegd dat er voor potplanten met leveringsmoment dat ver na de plantdatum ligt, zeker mogelijkheden zijn om de temperatuur in de loop van de teelt te variëren.

Temperatuur en TI kunnen niet los worden gezien worden van andere factoren zoals plantontwikkeling, lichtintensiteit, CO<sub>2</sub> beschikbaarheid, en gewenste sturing van het gewas. Het werken met TI vereist daarom een veel bredere kijk dan temperatuur alleen. Op dit moment moet TI worden gezien in het licht van Het Nieuwe Telen (HNT), waarin onder meer op de verhouding licht/temperatuur wordt gestuurd uitgaande van de vocht-, energie- en assimilatenbalans, waar studies in het verleden meestal niet naar gekeken hebben. De plasticiteit ten aanzien van temperatuurfluctuaties die de meeste gewassen hebben worden bij HNT gecombineerd met veranderingen in het lichtniveau. Temperatuurintegratie hangt verder nauw samen met het beheersen van de vochthuishouding, wat verband houdt met de energiebalans en ziektebeheersing. Bij HNT is er een betere afstemming gekomen tussen beheersing van vocht en temperatuur. Maar dit is op de relatief korte termijn (dag en nacht), terwijl temperatuurintegratie over een langere termijn kan gaan. De uitkomst is dat korte- en langetermijn temperatuurintegratie worden gecombineerd. Kortetermijn temperatuurintegratie is afgestemd met het beheersen van de vochthuishouding, terwijl de langetermijn temperatuurintegratie richt zich op de langetermijn plasticiteit van het gewas.

Als de basis van een teelt is het principe van Het Nieuwe Telen om een goede en constante verhouding tussen lichtsom en etmaaltemperatuur te hanteren kan temperatuurintegratie aanvullend zijn op Het Nieuwe Telen door een dag met een warmtetekort binnen de termijn van een paar dagen te kunnen compenseren. Door schermen tegen uitstraling zal het risico op schade door verstoring van fysiologische processen kleiner worden wat de risico's van het gebruik van temperatuurintegratie in combinatie met Het Nieuwe Telen verkleint. Temperatuurintegratie is dan een goede aanvulling de strategie van Het Nieuwe Telen.

# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemstelling

Het Nieuwe Telen stelt de vocht-, energie- en assimilatenbalans centraal. Een van de aspecten van Het Nieuwe Telen (HNT) is het reduceren van pieken in het energieverbruik. Zulke pieken kunnen bijvoorbeeld ontstaan als op donkere winterdagen er veel wind staat en er verwarmd moet worden om de kasttemperatuur op peil te houden. Dit zal eerder bij onbelichte dan bij belichte teelten het geval zijn. Op zonnige winterdagen zal de warmtestraling van de zon de warmtebehoefte temperen. Daarnaast kan er in extreem koude nachten, als de schermen niet voldoende warmte kunnen vasthouden, een energievraag ontstaan. Er zal een beroep gedaan worden op de langdurige plasticiteit van het gewas op het gebied van groei en ontwikkeling. De randen van wat mogelijk is moeten daarvoor heel duidelijk zijn, met name voor die gewassen die tijdens de koude periode een goede vegetatieve groei nodig hebben of in productie zijn.

Temperatuurintegratie is een van de middelen om het piekverbruik en de kosten van duurzame warmte te beperken (De Gelder *et al.* 2012; Dieleman & Hemming, 2011). Het basisconcept van temperatuurintegratie is: verbruik niet meer energie dan nodig op koudere momenten en koel zo weinig mogelijk op warmere momenten, waarbij de speelruimte wordt bepaald door de gemiddelde waarde van en variatie in de temperatuur over een bepaalde periode die een gewas kan hebben.

De luchttemperatuur is van invloed op een groot aantal fysiologische processen in de plant. De ontwikkelingssnelheid is een van de belangrijkste: hoe lager de temperatuur, hoe langzamer de afsplitsingssnelheid van nieuwe organen. Ook de sinksterkte en de uitgroeiduur van vruchtgroenten worden door de luchttemperatuur beïnvloed. Bij siergewassen speelt bijvoorbeeld de kwaliteit van de bloem of de gehele plant een belangrijke rol. De fotosynthese wordt binnen de gebruikelijke temperaturen beperkt beïnvloed (Qian *et al.* 2012). Bladvormen kunnen abnormaal worden. Het gevolg van een afwijkende temperatuur is dat de plant in onbalans raakt, bijvoorbeeld doordat de sink sterker verandert dan de source. Het is bekend dat op een termijn van maximaal enkele dagen dit geen schade aan de plant berokkent en dat evenwichten zich relatief eenvoudig herstellen. Maar wat vindt er plaats als gedurende een of twee weken een overschot aan assimilaten ontstaat. Worden er dan reserves aangelegd, en kunnen deze na verloop van tijd weer geleeft worden? Herstelt de bladvorm zich? Adams *et al.* (2011) benadrukken dat het belangrijk is om grenswaarden niet te passeren omdat compensatie niet altijd mogelijk is. Verderop in dit verslag wordt op deze en andere processen dieper ingegaan.

Er zijn in het verleden een aantal studies verricht naar en praktijkervaringen opgedaan met temperatuurintegratie over verschillende tijdsperioden. Deze variëren van een tot meerdere dagen. Voor ervaringen en kennis van temperatuureffecten over lange perioden op fysiologische processen moet er mogelijk worden teruggedaan naar langer geleden toen energiebesparing nog geen rol speelde.

## 1.2 Doelstelling

De doelstelling van deze studie is het inventariseren van bestaande kennis over temperatuurintegratie, met name over langere perioden, vanuit het onderzoek en de praktijk, en het opstellen van bruikbare boodschappen voor nieuwe ontwikkelingen.





## 2 Onderzoeksaanpak

De studie is uitgevoerd aan de hand van drie werkpakketten, nadat in hoofdstuk 3 eerst een samenvatting van effecten van temperatuur op enkele van de belangrijkste fysiologische processen wordt gegeven.

### 2.1 Werkpakket 1: Literatuurstudie - verleden

Er is een samenvatting gegeven van onderzoeksverslagen en academische literatuur die betrekking hebben op de plasticiteit van een gewas voor wat betreft omgevingstemperatuur over een termijn van enkele (1 tot 3) weken. Temperatuurintegratie over een korte periode van enkele dagen wordt eerst behandeld omdat dit het benodigde inzicht in de processen en effecten geeft. Er is geprobeerd een analytisch kader met theoretische onderbouwing te geven, gebaseerd op de resultaten van experimenten en in enkele gevallen ook modelmatige uitwerking. Er is enkele decennia teruggedaan naar de tijd dat energiezuinig telen niet of minder nodig was en er redelijk veel literatuur op het vlak van temperatuur is geproduceerd. De nadruk is gelegd op gewasfysiologische processen en de teelttechniek. Er is naar zo veel mogelijk gewassen (groente en sierteelt) gekeken om een zo breed en divers mogelijk overzicht op te kunnen stellen. Als het nuttig was voor een goed begrip is kort aandacht worden gegeven aan bijvoorbeeld celfysiologische of genetische processen. Dit wordt gerapporteerd in hoofdstuk 4.

### 2.2 Werkpakket 2: Gesprekken met de praktijk – heden

Adviseurs en tuinders bezitten veel niet-gedocumenteerde kennis die dit project ook wil ontsluiten. Er is in december 2018 een workshop georganiseerd om huidige praktijkervaringen uit te wisselen. Dit wordt gerapporteerd in hoofdstuk 5.

WP1 en WP2 resulteren in een overzicht van onderzoeks- en praktijkervaringen met temperatuurintegratie waarin de grenzen van het gebruik van temperatuurintegratie zo goed mogelijk worden gekwantificeerd: wat is de maximale periode waarover kan worden geïntegreerd, en wat is de maximale variatie die kan worden gebruikt? Wanneer gaat het qua gewasgroei en ☐ontwikkeling mis?

### 2.3 Werkpakket 3: Aandachtspunten voor de toekomst

Op basis van de samengevatte kennis zijn enkele aandachtspunten voor de toekomst opgesteld, die nuttig kunnen zijn voor het verdere onderzoeksvragen op het gebied van verminderen van piekverbruik in energie. Dit wordt gerapporteerd als onderdeel van de discussie in hoofdstuk 6.



## 3 Fysiologische processen

### 3.1 Wat is temperatuurintegratie eigenlijk?

Temperatuurintegratie staat voor het sommeren (integreren) van de temperatuur over een bepaalde tijd. Deze temperatuursom, die wordt uitgedrukt in graaddagen ( $d^{\circ}C$ ), wordt vaak gebruikt als voorspeller van gewasontwikkeling, reactietijd of uitgroeiduur (Buwalda *et al.* 2007; Ritchie & Nesmith, 1991). De temperatuursom gedeeld door het aantal dagen is de gemiddelde temperatuur over die periode. Doordat een ontwikkelingsstap korter duurt bij hogere temperaturen en langer bij lagere, is de optelling van alle gemiddelde etmaaltemperaturen, rekening houdend met een basistemperatuur waarbij geen ontwikkeling plaatsvindt, over de periode waarin een ontwikkelingsproces zich afspeelt ongeveer constant.

De grondgedachte bij de toepassing van temperatuurintegratie is dat de gemiddelde temperatuur bepalend is voor de ontwikkeling van het gewas. Hierbij wordt vaak aangenomen dat de verdeling van de temperatuur over een dag, dus de manier waarop dit gemiddelde tot stand is gekomen minder belangrijk is (de Koning, 1992). Maar hier stuiten we meteen al op de eerste beperking van temperatuurintegratie. Planten hebben een dag-nachtritme; sommige processen vinden alleen overdag plaats, andere vooral 's nachts. Wanneer de dagtemperatuur gedurende een langere periode consequent verschilt van de nachttemperatuur dan kan dit specifieke gevolgen hebben voor het gewas hebben doordat de balans tussen dag- en nachtprocessen wordt beïnvloed (Buwalda *et al.* 2003). Hier wordt in de volgende paragraaf iets verder op ingegaan.

Het rekenkundige principe van temperatuurintegratie is eenvoudig. Om een voorbeeld te geven: 2 dagen van gemiddeld  $20^{\circ}C$  levert 40 graaddagen ( $d^{\circ}C$ ), als we even geen rekening houden met een eventuele basistemperatuur (de temperatuur waaronder er stilstand is). Een dag van  $18^{\circ}C$  en een dag van  $22^{\circ}C$  leveren ook 40  $d^{\circ}C$ . Dus kan er met de temperatuur worden gevarieerd, mits over een bepaalde periode de temperatuursom maar gelijk blijft. Het is dus in zekere zin een rekenkundige truc. Maar voor de plant werkt het natuurlijk niet zo en is het verre van een rekenkundige truc maar spelen er allerlei interne processen. Een plant kent temperatuurreceptoren (Lorenzo *et al.* 2016) die van invloed zijn op moleculaire mechanismen die op hun beurt gekoppeld zijn aan genexpressie. Via allerlei tussenstappen leidt de genexpressie tot een verandering in het gewas.

Als er over een langere periode een lage of hoge temperatuur wordt gehandhaafd, zijn op een gegeven moment de processen niet meer op elkaar afgestemd. Het ene proces verandert meer dan het andere, en dat gaat even goed en kan worden hersteld, maar na een tijdje is er onbalans. Het herstellen van de balans kost tijd en gaat ten koste van de productie. En soms kan de balans helemaal niet worden hersteld, bijvoorbeeld als de eindoogst in zicht is.

Daarbij komt nog het volgende. In het bovenstaande eenvoudige rekenvoorbeeld wordt aangenomen dat er lineaire verbanden zijn tussen temperatuur en de reactie van het gewas. Maar het is een uitzondering als de snelheid van een fysiologisch proces lineair is gekoppeld aan de temperatuur. De ontwikkelingssnelheden van tomaat en komkommer zijn bij normale temperaturen wel lineair gerelateerd aan temperatuur, maar we weten niet of dit ook zo is bij ongebruikelijk lage of hele hoge temperaturen – waarschijnlijk niet. Vele andere processen zijn niet-lineair gekoppeld aan temperatuur, en daarnaast kunnen andere limiterende processen een rol gaan spelen. Dit geldt bijvoorbeeld voor fotosynthese, onderhoudsademhaling en bloei-inductie. Door deze niet-lineariteit gaan processen extra met elkaar uit de pas lopen.

Hier komen we op het probleem van temperatuurintegratie en de vraagstelling van dit verslag. Ieder fysiologisch proces van het gewas reageert anders op een temperatuurverandering (de Koning, 1996), en deze reactie varieert ook nog eens bij verschillende temperaturen. De optimale temperaturen en de toleranties voor afwijkingen (grootte en duur) verschillen per proces. Daarnaast kunnen deze per orgaan en per leeftijd (Baas & Warmenhoven, 2003) anders zijn. Door dit alles raakt het gewas uit balans. De vraag is dus: hoe lang gaat het goed en kan de balans worden hersteld?

Bij het beantwoorden moeten we eigenlijk ook de vraag stellen: welke temperatuur eigenlijk? We hebben te maken met lucht-, plant- en bodemtemperatuur, waarbij ieder orgaan een eigen temperatuur kent (Körner & Hiltbrunner, 2018). In de regel wordt met de kasluchttemperatuur boven het gewas gewerkt, zoals die in de meetbox wordt gemeten. Toch moeten we rekening houden met het feit dat de temperaturen van de organen hiervan afwijken (Savvides *et al.* 2013).

## 3.2 Ontwikkeling

De ontwikkelingssnelheid is de snelheid waarmee nieuwe organen zich in de tijd afsplitsen, zoals het aantal bloemen, vruchten of bladeren per week. Een aantal omgevingsfactoren zijn hierop van invloed:

1. Temperatuur.
  - a. In het algemeen leidt een hogere temperatuur tot een hogere ontwikkelingssnelheid. Voorbeelden zijn tomaat (Heuvelink, 1994) en komkommer (Marcelis, 1994), *Petunia* en *Tagetes* (afrikaantjes) (Blanchard *et al.* 2011). Bij vruchtgroenten geeft dat een generatiever gewas met meer vruchten of trossen per week.
  - b. Een bepaalde temperatuur kan ook een voorwaarde zijn om een bepaalde ontwikkelingsfase te bereiken. *Phalaenopsis* en freesia hebben een zekere minimumtemperatuur (koudebehoefte) nodig om de generatieve fase te bereiken en tot bloemvorming over te gaan. Bij Hortensia en trekheesters gaan de bloemknoppen na de bloemknopaanleg in de herfst in rust en is een koudeperiode nodig om de knoprust te doorbreken voordat de bloemknoppen kunnen gaan bloeien. Aardbei heeft ook een lange koudeperiode nodig om de eerder aangelegde bloemen ook inderdaad te laten bloeien.
2. Daglengte. Daglengte heeft geen invloed op de snelheid van ontwikkeling, maar kan, net als temperatuur bij sommige gewassen, van invloed zijn op het bereiken van een bepaalde ontwikkelingsfase. Zo hebben chrysant, poinsettia en kalanchoë een korte dag nodig om in bloei te komen en hebben bijvoorbeeld Petunia, Fuchsia en leeuwenbekken juist een lange dag nodig om in bloei te komen. Overigens is het niet zozeer de daglengte, maar de nachtlengte die bepalend is. Onderbreking van een lange nacht met belichting kan er voor zorgen dat korte dag planten vegetatief blijven en niet gaan bloeien.
3. Slechte groeiomstandigheden kunnen tot noodbloei leiden. Hieraan wordt in dit verslag geen aandacht gegeven; het is niet relevant voor de Nederlandse tuinbouwsector.

In de literatuur wordt ook melding gemaakt van de 'overshoot'-reactie (Evans, 1963, in Buwalda, 1999; Fink, 1993). Een voorbeeld komt van chrysant. De ontwikkelingssnelheid neemt relatief sterk af als een lagere temperatuur wordt opgelegd, maar veert deels terug als de lage temperatuur wordt gecontinueerd. Als de oorspronkelijke temperatuur wordt hersteld, vindt er een versnelling van de ontwikkeling plaats, om pas later weer naar het oude niveau terug te zakken. Dit alles is een gevolg van enzymatische verandering op transcriptie- en regulatieniveau. Het toont aan dat de bladafsplittingsnelheid kan herstellen als een lage temperatuur wordt gecontinueerd. Het is niet bekend of dit bij een hogere temperatuur ook plaatsvindt.

### Enige fundamentele kennis

Een van de manieren waarop een plant temperatuur met thermosensors temperatuur waarneemt is mogelijk met behulp van calciumkanalen in de plasmamembranen (Lorenzo *et al.* 2016). Ze schrijven: 'Deze kanalen reageren op veranderingen in zowel koude als warmte en veroorzaken een snelle  $\text{Ca}^{2+}$  stroom naar het cytosol.' Dit wordt gevolgd door activatie van enzymen en aanmaak van eiwitten. Maar er zijn meer mechanismen, waar nog geen helder zicht op is, laat staan op het kwantificeren van deze mechanismen.

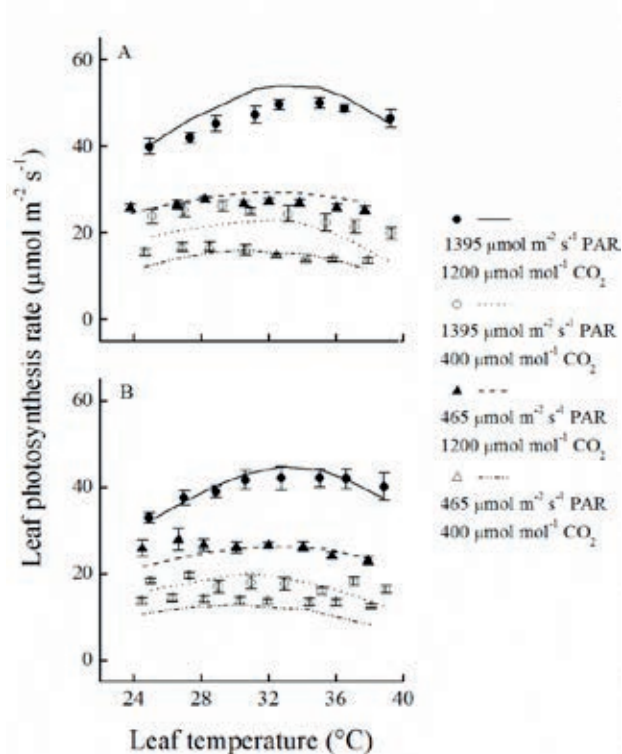
In 2003 werd aangetoond dat temperatuur in het geval van *Arabidopsis* van invloed is op de expressie van bloeitijdgenen (Blázquez *et al.* 2003). Er werd direct geconstateerd dat niet alleen temperatuur, maar ook bijvoorbeeld daglengte een rol speelt. Later werd hieraan licht en het circadiaanse ritme (het 24-uursritme; (Seaton *et al.* 2015) toegevoegd (overzicht door (Lorenzo *et al.* 2016)).

De genen die bij bloeitijd zijn betrokken variëren over soorten, maar vallen uiteen in twee grote groepen: 'FT-like' genen en 'TFL1-like' genen. Deze afkortingen staan respectievelijk voor 'FLOWERING LOCUS T' en 'TERMINAL FLOWER 1'. De FT-like genen bevorderen bloei en de TFL1-like genen onderdrukken bloei (Lorenzo *et al.* 2016; Wickland & Hanzawa, 2015). Wickland en Hanzawa (2015) geven een overzicht van vele soorten, waaronder chrysant, orchidee, sla, phalaenopsis, roos, aardbei en tomaat. Geleidelijk worden de moleculaire en biochemische mechanismes duidelijker. Naast de FT-like genen spelen ook gibberelline, cytokinen en suikers een rol die over soorten heen varieert. Deze stoffen worden door het floëem naar het apicale meristeem van de stengel vervoerd. Ook FT eiwitten kunnen buiten het apicale meristeem, vaak in de bladeren, worden gevormd (Turnbull, 2011). Dit laatste is relevant omdat de temperatuur in het meristeem kan verschillen van organen elders in het gewas.

In het geval van *Arabidopsis* leiden op moleculair niveau hoge temperaturen tot expressie van genen die een genen-cascade op gang brengen die uiteindelijk bloei-inductie aanzetten. Hogere temperaturen leiden tot snellere bloei. Bij lage temperaturen worden deze genen onderdrukt en wordt de bloei vertraagd. PIF4 is ook betrokken bij strekking. Hieruit kan worden opgemaakt dat hogere temperaturen ook de strekking stimuleren met behulp van dezelfde genen (Gangappa & Kumar 2017, Bouché *et al.* 2016).

## 3.3 Fotosynthese

Fotosynthese is het omzetten van  $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$  onder invloed van licht in  $\text{CH}_2\text{O}$  en  $\text{O}_2$ . Dit biochemische proces (Farquhar *et al.* 1980) is in principe afhankelijk van de temperatuur, maar desondanks is de fotosynthesesnelheid vrij stabiel binnen het normale traject van temperatuur, tenzij hoog licht met hoog  $\text{CO}_2$  wordt gecombineerd. Dit wordt geïllustreerd door (Qian *et al.* 2012), die metingen aan bladeren van tomaat hebben gedaan (Figuur 3.1).



**Figuur 3.1** Waargenomen (symbolen) en voorspelde (lijnen) temperatuurrepons van fotosynthese van blad bovenin (A) en halverwege de gewasdiepte (B) bij vier combinaties van licht en CO<sub>2</sub>: 1395  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR en 1200  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  CO<sub>2</sub>, 1395  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR en 400  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  CO<sub>2</sub>, 465  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR en 1200  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  CO<sub>2</sub>, 465  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR en 400  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  CO<sub>2</sub>. Verticale lijnen geven de standaardafwijking van het gemiddelde ( $n=6$ ) (Qian et al. 2012). De voorspelde lijnen zijn voor dit verslag niet relevant.

Buwalda et al. (1999) beschrijven een onderzoek van Björkman & Badger (1979) waarin geconcludeerd wordt dat bij *Nerium oleander* het temperatuuroptimum van de fotosynthese van 25 naar 35°C kan schuiven als planten tijdelijk blootgesteld worden aan hoge temperaturen. Dit zou erop kunnen wijzen dat planten zich dus aan kunnen passen aan veranderende omstandigheden. Er werd echter ook opgemerkt dat de verbetering bij hoge temperatuur wel ten koste ging van de capaciteit bij lagere temperatuur en omgekeerd. Ook bij een overgang naar lagere temperaturen kunnen planten zich aanpassen en kan de koudetolerantie na een aantal dagen lage temperatuur al sterk toe nemen.

Er zijn variëteitsverschillen, zowel bij stabiele als bij wisselende omstandigheden. Bij *Cymbidium* is de fotosynthese gemeten nadat planten gedurende langere tijd (11 tot 12 weken) in de winter bij een temperatuur van 13, 16 en 20°C hadden gestaan (Schapendonk & Kromwijk, 2005). Bij de cultivar Yonina was er weinig verschil zichtbaar in fotosynthese bij de drie temperaturen. Onder lage lichtcondities in de winter, maar ook bij lichtintensiteiten hoger dan 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR, had een verlaging van de temperatuur tot 13°C relatief weinig effect. Bij de cultivar Arcadian bleef het effect bij de heersende lage lichtcondities in de betreffende winterperiode ook beperkt, mogelijk omdat het lage lichtniveau beperkend was, maar bij hogere lichtniveaus was de fotosynthese bij 13°C wel duidelijk lager dan bij 16 en 20°C.

### 3.4 Onderhoudsademhaling

De onderhoudsademhaling houdt verband met het feit dat plantenmateriaal afsterft of schade oploopt en vervangen moet worden (Penning de Vries et al. 1974). De onderhoudsademhaling is afhankelijk van het gewicht van het gewas en van de temperatuur (verdubbeling bij 10°C temperatuurstijging), en kan daarom via klimaatbeheersing worden beïnvloed. Een hogere temperatuur heeft een sterker effect op de onderhoudsademhaling dan op de fotosynthese, en omdat eerst aan de behoefte van de onderhoudsademhaling wordt voldaan, gaat een hogere temperatuur vaak ten koste van de groeisnelheid.



Er zijn geen aanwijzingen dat de mate van verandering van de onderhoudsademhaling afhankelijk is van de duur van een andere temperatuur, tenzij in de loop van de tijd de orgaansamenstelling zou veranderen. Maar bij alle samenstellingen treedt er een verdubbeling van de onderhoudsademhaling bij 10°C temperatuurstijging op.

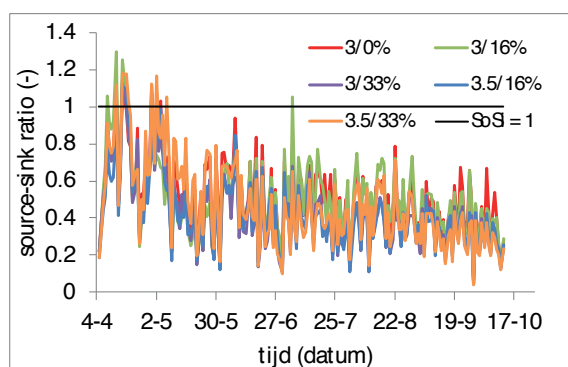
### 3.5 Sinksterkte

De sinksterkte van een orgaan is de potentiële groeisnelheid ervan, gemeten als de maximale groeisnelheid als er een grote hoeveelheid assimilaten beschikbaar is (Marcelis, 1993a). De sinksterkte van een individuele komkommervrucht wordt beïnvloed door de temperatuur: een hogere temperatuur leidt tot een hogere sinksterkte. Bij een parapluteelt van komkommer leidt een hogere temperatuur tot minder vruchten aan een plant (vanwege de verschillende temperatuureffecten op de snelheid waarmee nieuwe vruchten worden gevormd en de uitgroeiduur van de vrucht) en daarmee tot een beperkte verandering in de totale sinksterkte van het gewas (Marcelis, 1993b). Bij een hogedraadteelt van komkommer kan er door middel van dunning beter worden gestuurd. Bij tomaat heeft de temperatuur geen effect op de sinksterkte (Heuvelink, 1995). Een temperatuurverhoging leidt wel tot een hogere ontwikkelingssnelheid en, in combinatie met het feit dat het aanbod van assimilaten meestal beperkend is, daarmee tot (tijdelijk) meer vruchten aan de plant en dus kleinere vruchten.

### 3.6 Assimilatenbalans

De verhouding tussen aanbod van en vraag naar assimilaten wordt de assimilatenbalans of de source-sinkbalans genoemd. Deze verhouding is dimensieloos omdat zowel boven als onder de streep  $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$  staat en deze tegen elkaar wegvallen. De term 'plantbalans' valt ook vaak, zonder dat het altijd precies duidelijk is wat hiermee wordt bedoeld; het heeft vaak een bredere betekenis ('het gewas staat goed in balans'). Meestal is het aanbod van assimilaten kleiner dan de vraag ernaar, en is dus de source-sink balans meestal kleiner dan 1 (figuur 3.2). In de praktijk komt een assimilatenbalans die groter is dan 1 voor in de volgende gevallen:

- Tijdens enkele dagen aan het begin van de teelt, wanneer er zich nog geen vruchten of bloemen aan de plant bevinden.
- Bijvoorbeeld kleine tomaten die een relatief lage sinksterkte hebben (tuinders beperken het aantal vruchten per tros).
- Als een gewas als paprika vluchten kent en er tijdelijk weinig vruchten aan de plant hangen.



**Figuur 3.2** De dagelijkse balans tussen aanbod van en vraag naar assimilaten bij komkommer waarbij stengeldichtheid en bladpluk bovenin het gewas werd gevarieerd (Anne Elings & Janse, 2017).

Afgezien van enkele dagen aan het begin van de teelt, wanneer het reserve-orgaan kortdurend gevuld is, is de vraag naar assimilaten groter dan het aanbod. Het aanbod van assimilaten volgt de lichthoeveelheid (naast temperatuur en  $\text{CO}_2$ ) en de vraag naar assimilaten wordt gedefinieerd als de som van de potentiële groeisnelheden van alle organen.

De source-sinkbalans kan in sommige situaties van invloed zijn op ontwikkelingssnelheid. In de meeste situaties wordt de snelheid van ontwikkelingsprocessen vooral bepaald door de temperatuur. Maar in een situatie met weinig licht bij hoge temperatuur (een lage assimilatenbalans) kan de ontwikkelingssnelheid juist vertragen. Bij bijvoorbeeld *saintpaulia* is er bij hoge temperatuur (22°C) en onbelichte omstandigheden een vertragend effect op de bladafsplitsing gevonden (Buwalda, 2004a).

Bij potplanten kan het effect van afwijkingen in de assimilatenbalans verschillen per teeltfase en leiden tot effecten in vervolgfases in de teelt. Bij *Begonia* kan een hoge assimilatenbalans in het begin van de teelt er voor zorgen dat meer zij scheuten tot ontwikkeling komen. Later in de teelt concurreren deze uitgelopen zij scheuten als sinks met de bloemvorming en kan dit de verdeling van biomassa naar de bloemen later in de teelt verlagen (Buwalda, 2004a).

Op de lange duur kan een plant nooit meer assimilaten opmaken dan er gevormd zijn, en de capaciteit om niet verwerkte assimilaten op te slaan is ook eindig. Het feit dat de plant over tijdelijke opslagcapaciteit beschikt betekent wel dat de afstemming van aanmaak en verwerking van assimilaten op de korte termijn (1-2 dagen) niet erg kritisch is; de verschillen worden gebufferd (Buwalda *et al.* 2003).

### 3.7 Gewasarchitectuur

De architectuur van een gewas wordt bepaald door combinatie van bladafsplitsing, strekking van bladeren en internodiën, uitgroei van zij scheuten en aanleg en uitgroei van bloemen en vruchten. Een lage temperatuur leidt vaak tot kleinere, dikkere bladeren. Het tempo van bladafsplitsing en de snelheid van bladstrekking bepalen samen wanneer de Leaf Area Index (LAI, m<sup>2</sup> bladoppervlak per m<sup>2</sup> teeltoppervlak) van het gewas hoog genoeg is om het beschikbare licht volledig te absorberen. De hoeveelheid licht die het gewas aan het begin van de teelt heeft laten liggen kan later niet meer worden gecompenseerd en dat zal dus gevolgen hebben voor de totaalproductie over het hele teeltseizoen (Buwalda *et al.* 2007). Dit kan bij een jong gewas ongunstig zijn omdat de opbouw van 'volledige' lichtonderschepping langzamer op gang komt.

Als de toepassing van temperatuurintegratie leidt tot een consequente verschuiving in de verdeling van temperatuur over dag en nacht kan dit gevolgen hebben voor de gewasarchitectuur (Buwalda *et al.* 2003). Sommige plantprocessen vinden namelijk alleen 's nachts plaats, terwijl andere processen juist overdag plaats vinden. Een voorbeeld is het effect van DIF (het verschil tussen de gemiddelde dag- en de nachttemperatuur) op de strekking van internodiën. Een positieve DIF (dagtemperatuur hoger dan nachttemperatuur) stimuleert de strekking van de internodiën en uitgroei van bladeren en een negatieve DIF (dagtemperatuur lager dan nachttemperatuur) remt de strekking van de internodiën en bladeren. Bij pot- en perkplanten wordt een negatieve DIF bewust toegepast om de planten compact te houden. Hoe groter het verschil tussen dag- en nachttemperatuur, hoe groter het effect. Door het positieve effect op de bladstrekking kan een positieve DIF in beginfase van de teelt leiden tot meer lichtinterceptie en daarmee tot een hogere productie. Omgekeerd kan een negatieve DIF leiden tot minder bladstrekking en daarmee de vroege productie remmen (Bakker & van Uffelen, 1988). Er wordt de kanttekening gemaakt dat effecten van DIF eigenlijk alleen over langere perioden zijn bestudeerd, en dat over effecten van kortere perioden met omwisselingen in DIF eigenlijk weinig bekend is. In vergelijking met de effecten van negatieve DIF lijken effecten van meerdaagse temperatuurschommelingen relatief klein te zijn. Bij kouval wordt gedurende korte periode (bijvoorbeeld aan einde van de nacht) een lage temperatuur gegeven om planten korter te houden. Het kan ook onbedoeld zijn, meestal na opening van het energiescherm. Het geeft bij bijvoorbeeld kerststerren en *begonia* goede resultaten om strekking te reduceren (Dijkshoorn-Dekker, 2000). Er bestaan sterke aanwijzingen dat bij de DIF-reactie en de rood/verrood-reactie de zelfde fysiologische mechanismen betrokken zijn (Myster & Moe, 1995; Zieslin & Tsujita, 1988).

Een doelbewust nagestreefde tijdelijke temperatuurverlaging (enkele uren) wordt een temperatuur DROP genoemd Dieleman *et al.* (2005). Een DROP-behandeling kan effecten hebben die vergelijkbaar zijn met die van negatieve DIF. Er kan worden verondersteld dat kouval bij het openen van een (energie)scherp effecten heeft die vergelijkbaar zijn met die van DROP (samengevat door Buwalda *et al.* 2007). Vanuit deze gedachte zijn door Dieleman *et al.* (2005) de effecten van DROP bij tomaat bestudeerd. In de productiefase werd bij tomaat geen effect gemeten van een DROP van 2.5°C aan het begin van de dag op lengtegroei, bladafplitsingsnelheid of productie. Wel bleken jonge tomatenplanten iets korter en lichter te blijven als gevolg van een DROP van 5°C aan het begin van de dag, toegepast gedurende 4 weken. Werd de DROP-behandeling verschoven naar andere momenten van de dag, dan was er geen effect. Bij courgette resulteerde een DROP van circa 5°C in een verminderde lengtegroei van het gewas, kortere bladstelen, en een kleiner bladoppervlak. Het effect op bladafplitsingsnelheid bleek rasafhankelijk (Janse *et al.* 2003). Deze materie wordt in Hoofdstuk 4 onder verschillende gewassen verder behandeld.

In een overzicht van praktijkervaringen met negatieve DIF en DROP kwam voor pot- en perkplanten een wisselend beeld naar voren: bij sommige gewassen werkte het om een compactere plant te krijgen, bij andere niet. Bij Kalanchoë was zelfs het omgekeerde effect te zien: strekking van de bloeistengels wordt bij dat gewas juist gestimuleerd door negatieve DIF en DROP (Deetman, 1992, in Buwalda *et al.* 2007).

### 3.8 Kwaliteit

De kwaliteit van sierteelproducten wordt bepaald door meerdere kenmerken en is per gewas verschillend. Kenmerken waar op gelet wordt zijn bijvoorbeeld lengte, stevigheid, vertakking, gevuldheid, aantal bloemknoppen en bloemen, sierwaarde, bloem- en bladkleur, en houdbaarheid. De architectuur moet voldoen aan de verwachtingen van de handel en consument.

Voor snijbloemen is bijvoorbeeld de lengte een belangrijk criterium en worden de bloemen per lengteklasse gesorteerd en aangevoerd op de veiling. Daarbij is niet alleen de lengte van belang, maar is ook vaak een minimum steelgewicht (per lengteklasse) gewenst en zijn ook andere meer gewas specifieke kenmerken van belang, zoals aantal bloemen, vertakkingen, lengte van het bloembezette deel, gevuldheid van de bloemtak etc. Anderzijds is er ook vaak een minimum kwaliteitseis voor gewicht bij een bepaalde lengte gewenst en mogen bloemen niet te licht worden bij een bepaalde lengtemaat. Bij snijbloemengewassen kan een lagere temperatuur tot kortere en zwaardere bloemtakken leiden.

Voor pot-, perk- en kuipplanten zijn de hoogte, gevuldheid en aantal bloemknoppen of bloemen belangrijke kwaliteitskenmerken. De gevuldheid wordt bepaald door het aantal (zij)scheuten, het aantal bladeren en het bladoppervlak. Een lagere temperatuur leidt tot compactere en meer gevulde planten wat vaak als positief voor de kwaliteit gezien wordt. Te extreme effecten waardoor bijvoorbeeld een minimum planthoogte niet gehaald wordt zijn echter niet gewenst. De uitloop van zijscheuten wordt bij veel gewassen geremd door een hogere temperatuur en gestimuleerd door een hoog gemiddeld lichtniveau. Indien bij hetzelfde lichtniveau dan een lagere temperatuur gerealiseerd wordt kan dit vorming van zijscheuten stimuleren en lengtegroei reduceren.

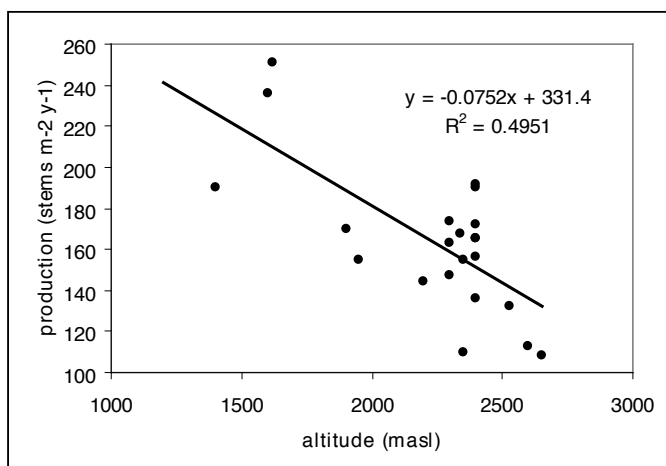
Chang *et al.* (2005) toonden aan dat temperatuurintegratie van invloed is op het oliegehalte van basilicum. Een hogere temperatuur in de week voor de oogst gaf hogere gehalten. Er is verder geen literatuur gevonden over de effecten van temperatuurintegratie op inhoudsstoffen.

### 3.9 Generatief en vegetatief

In het geval van siergewassen heeft bij een vegetatief gewas nog geen bloei plaatsgevonden of is er nog geen bloei geïnduceerd. Een generatief gewas is een gewas waar bloei-inductie gestart is, onder invloed van bloei-inducerende omstandigheden, zoals bijvoorbeeld een korte dag, een lange dag of een lagere temperatuur.

Bij vruchtgroenten is de betekenis van generatief en vegetatief niet precies afgebakend, maar het houdt sterk verband met de hoeveelheid vruchten/bloemen (generatief) versus de hoeveelheid bladmateriaal (vegetatief). Een generatief gewas heeft een relatief groot aandeel vruchten/bloemen, terwijl een vegetatief gewas een relatief groot aandeel bladmassa heeft. Het is een belangrijke opgave voor de tuinder om het aandeel vruchten goed te houden. Te veel vruchten zal ten koste gaan van het bladoppervlak en kan problemen met zich meebrengen wanneer er weinig licht is.

Het aantal vruchten per stengel is bij vruchtgroenten afhankelijk van de vorming van nieuwe vruchten (de ontwikkelingssnelheid) en de uitgroeiduur van de vruchten. Een hogere temperatuur leidt in het algemeen tot een hogere ontwikkelingssnelheid waardoor er in eerste instantie meer vruchten of bloemstengels worden gevormd. Op een zeker moment stabiliseert het aantal vruchten. Als het aanbod van assimilaten nauwelijks verandert zal dit geen grote verandering in opbrengst geven. Het kan natuurlijk wenselijk zijn om meer takken of vruchten, die gemiddeld een lager gewicht zullen hebben, te oogsten, en de temperatuur te verhogen. Als bij roos de temperatuur wordt verlaagd zal de uitgroeiduur van een tak verlengen, zonder dat er nieuwe takken worden gevormd die gaan concurreren (bij bijvoorbeeld tomaat blijven er nieuwe vruchten komen). Het gevolg is dat er minder en zwaardere takken worden geoogst (Figuur 3.3). In het geval van sierteeltgewassen kan er bij een hoge ontwikkelingssnelheid en lage lichthoeveelheid ook abortie van bloemknoppen plaatsvinden of kan het tot slechte bloemkwaliteit leiden.



**Figuur 3.3** De empirische relatie tussen hoogte (meters boven zeeniveau) en de jaarproductie van Ethiopische rozenbedrijven. Op grotere hoogte wordt de temperatuur lager waardoor het aantal geproduceerde takken per jaar afneemt (Bron: den Belder & Elings, 2007).

Als er generatief of vegetatief wordt gestuurd, heeft dat consequenties voor de lange termijn. Een extra hoeveelheid blad moet bijvoorbeeld al in de loop van de winter of het vroege voorjaar worden ontwikkeld om het licht in het latere voorjaar goed te kunnen opvangen. Het is ook een onzekerheid: een generatief gewas kan in de problemen komen als het enige tijd later heel donker wordt en er niet kan worden bijbelicht.

Voor sierteeltgewassen waarbij sprake is van een vegetatieve fase en generatieve fase kan de reactie van het gewas op temperatuur per fase verschillen. Chrysant is hiervan een voorbeeld. In de generatieve fase wordt de reactietijd bij een hogere of lagere temperatuur verlengd, waarbij een temperatuurverlaging in de voornacht mogelijk belangrijker is dan in de midden- of nachten (Carow en Zimmer, 1977, in Buwalda, 1999). Dit zou kunnen worden verklaard door circadiaans geregelde genen die aan het begin van de nacht worden geïnduceerd. Het tijdsafhankelijke effect van temperatuur is ook bij *Arabidopsis* aangetoond (Thines *et al.* 2014). Er bestaat bij chrysant daarnaast een interactie tussen temperatuur en licht, wat zou kunnen wijzen op een invloed van de assimilatenbeschikbaarheid (Buwalda, 1999).

## 4 Temperatuurintegratie over een korte periode

In dit hoofdstuk wordt de literatuur samengevat die betrekking heeft op temperatuurintegratie (TI) over een korte tijdsperiode van enkele dagen tot maximaal een week. Er wordt een onderverdeling gemaakt in groentegewassen, groene potplanten, bloeiende potplanten en snijbloemen. Per gewas wordt aandacht gegeven aan de gevolgen voor ontwikkeling, groei, gewasarchitectuur en productkwaliteit, althans voor zover er informatie in de literatuur is gevonden. Als er weinig informatie is, dan wordt deze onderverdeling niet gehanteerd. En als er voor een bepaald gewas geen literatuur werd gevonden, is dit gewas niet in dit hoofdstuk opgenomen, wat overigens niet wil zeggen dat temperatuurintegratie niet mogelijk zou zijn.

### 4.1 Groentegewassen

#### 4.1.1 Tomaat

##### *Ontwikkeling*

De ontwikkelingssnelheid van tomaat is lineair gekoppeld aan de luchttemperatuur (Heuvelink, 1995; de Koning, 1996; Zhang *et al.* 2010). Er is geen effect gevonden van variatie binnen 24 uur, bij gelijkblijvende gemiddelde etmaaltemperatuur (de Koning, 1992; Papadopoulos & Hao, 2001; Truffault *et al.* 2015). Hurd & Graves (1984) stellen dat er tot zeker een week geïntegreerd kan worden, wat ze baseren op metingen met afwijkingen tot ongeveer 6 – 7°C naar boven en beneden. Buwalda (1999) meldt dat bij een volgroeid gewas er geen effect van temperatuurafwijkingen tot 6°C over periodes tot 12 dagen was.



**Figuur 4.1** Net geoogste tomaten van het ras Brioso.

## Groei

Terwijl de ontwikkelingssnelheid lineair aan de temperatuur is gekoppeld, is de gewichtstoename dit niet (de Koning, 1996). Temperatuur heeft bij reguliere waarden weliswaar een beperkte invloed op de fotosynthese, maar kent wel degelijk een optimum (zie figuur 3.1). Daarnaast is de onderhoudsademhaling sterk temperatuurafhankelijk (zie paragraaf 3.4). Het uiteindelijke effect hangt sterk af van de omstandigheden. Het blijft overigens belangrijk om te realiseren dat de effecten van licht en CO<sub>2</sub> op de groei sterker zijn dan die van de temperatuur. Voor een stabiele groei is het belangrijk om de assimilatenbalans goed te houden (de Koning, 1996). Lage, suboptimale temperaturen hebben effecten op diverse fysiologische mechanismen. Als de temperatuur te laag wordt, is opbrengstderving het gevolg, doordat processen langzamer verlopen of doordat schade ontstaat (Van der Ploeg & Heuvelink, 2005). Hoge temperaturen kunnen naast een hoge onderhoudsademhaling bijvoorbeeld leiden tot afname van de vruchtzetting (Driedonks *et al.* 2018).

Truffault *et al.* (2015) vonden bij 24-uurs TI op seizoensbasis geen effect op de opbrengst. Papadopoulos & Hao (2001) pasten ook 24-uurs TI toe met dagtemperaturen van 19, 20 en 21°C en nachttemperaturen van 16, 17 en 18°C en observeerden de vroege gewasproductie (dus niet een volledig seizoen). Een hoge of lage dagtemperatuur resulteerde in een meer vegetatief gewas met dikkere stengels en een kleiner bladoppervlak, terwijl een hoge nachttemperatuur in combinatie met een hoge dagtemperatuur een positief effect op vroege opbrengst hadden, maar negatief effect op vruchtgrootte (dit is dus geen TI maar algehele temperatuurverhoging!). De verklaring is dat de hogere temperatuur de ontwikkelingssnelheid verhoogt waardoor de eerste vruchtproductie eerder in de tijd valt en het aantal vruchten per plant (tijdelijk) wordt verhoogd, maar dat de groei achterblijft omdat de fotosynthesesnelheid niet hoger komt te liggen. Er werden verder negatieve effecten op latere opbrengsten waargenomen, mogelijk als gevolg van een verhoogde onderhoudsademhaling. Hun algemene conclusie was dat er een lage DIF moet worden aanhouden.

Hao *et al.* (2008) en Zhang *et al.* (2010) pasten 1 en 3-daagse TI toe door middel van voornachtverlaging en namen de temperatuur van de vruchten en de bladeren waar. De verandering in vruchttemperatuur liep achter bij de verandering in bladtemperatuur met volgens de onderzoekers als gevolg dat de gemiddelde vruchttemperatuur 0.4°C hoger lag dan de gemiddelde bladtemperatuur. Dit is mogelijk de verklaring van de iets hogere vroege opbrengst (april-mei) in het geval van TI (zie ook Papadopoulos & Hao, 2001). Al met al was de conclusie dat de optimale voornachttemperatuur 13.8-14.9°C is, afhankelijk van het ras. Elings *et al.* (2005) simuleerden in geval van TI met 4°C bandbreedte over 1 of 3 dagen slechts 1% opbrengstdaling.

Terwijl Hao *et al.* (2008) en Zhang *et al.* (2010) constateerden dat een lagere voornachttemperatuur leidde tot een lagere fotosynthesesnelheid, een lagere respiratiesnelheid en een hoger specifiek bladoppervlak (SLA) maar geen effect op het bladoppervlak had (dus dunnere bladeren), vonden Truffault *et al.* (2015) dat 24 uren TI voor sommige cultivars juist wel tot een lager bladoppervlak en vaak een lagere SLA leidde. Bladstrekking ken een cardiaans ritme (dag-nacht gestuurd) waarbij blijkbaar de verdeling van de temperatuur over de dag van belang is.

## Architectuur

De Koning (1992) beschrijft in een literatuuroverzicht dat het dag/nacht regime de lengte van de internodiën beïnvloedt. Een negatieve DIF, een lagere dagtemperatuur en een hogere nachttemperatuur geeft kortere internodiën en daarmee een meer compacte plant, maar ook een kortere tros. Toch wordt dit niet in alle gevallen geconstateerd. Hao *et al.* (2008) constateerden dat TI voor sommige, maar niet alle, rassen tot een kortere plant leidt, terwijl Zhang *et al.* (2010) in hun experimenten nooit kortere planten vonden.

## Kwaliteit

Er is niet veel literatuur over het effect van TI op de kwaliteit van de tomatenvrucht. Het meest specifieke is afkomstig van Khanal *et al.* (2013), die rapporteerden dat tomaten die geteeld werden bij 27/14°C steviger waren dan tomaten geteeld bij andere dag/nachttemperaturen, met hoger drogestofgehalte. Dit laatste zal tot een lagere versopbrengst leiden.



Ten aanzien van de vruchtzetting wordt door Khanal *et al.* (2013) ook gemeld dat het aantal abnormale stuifmeelkorrels afneemt met een hogere dagtemperatuur en lagere nachttemperatuur, met name in hun meest extreme 30/11°C behandeling. Het kiempercentage nam daarentegen toe. Een verminderde vruchtzetting bij suboptimale temperatuur is niet het gevolg van effecten op de stigma of eicel, maar is het gevolg van de vorming van pollenkorrels van een verminderde kwaliteit (review door Picken, 1984; in Bot *et al.* 2004).

#### 4.1.2 Komkommer

##### *Ontwikkeling*

Marcelis (1994) koppelde de ontwikkelingssnelheid van komkommer aan temperatuur en straling, terwijl Elings en Janse (2017) een lineair verband legden met de temperatuursom, waarbij een hoge stengeldichtheid (3.5 versus 3 stengels m<sup>-2</sup>) in combinatie met bladpluk (33% versus 16 of 0%) tot een 2.5% lagere snelheid leidde.

##### *Groei*

Elings *et al.* (2006a, 2006b) evalueerden met behulp van een simulatiestudie de gevolgen van 3-daagse TI, waarbij naar een stabiele assimilatenbalans werd gestreefd. Dit resulteerde in een betere drogestofverdeling naar de vruchten, maar er werd ook geconstateerd dat een lagere temperatuur, mocht dat als gevolg van energiebesparing optreden, snel tot een hoger drogestofgehalte leidt (Marcelis, 1994) en daarmee tot een lagere versproductie. Dit mechanisme (maar dan de andere kant uit) werd bevestigd door Hao *et al.* (2015) in het geval van 24-uurs TI, waarbij een DROP in de voornacht werd toegepast. De gemiddelde planttemperatuur werd juist hoger (dit moet dus overdag hebben plaatsgevonden), leidend tot een hogere versproductie. Raaphorst *et al.* (2007) constateerden bij 3-daagse TI met een bandbreedte van 3, 6 en 9°C ook een negatief effect op de productie, wat in hun studie op een andere manier verklaard zou kunnen worden: het vaker ventileren om de hoge temperaturen te compenseren en de etmaaltemperaturen gemiddeld hetzelfde te houden, zou tot CO<sub>2</sub> verlies hebben kunnen leiden.

Janse (2003) varieerde op diverse manier de etmaaltemperatuur en constateerde dat de temperatuureffecten op de productie en kwaliteit vrijwel onafhankelijk zijn van de plantperiode en of er wel of geen matverwarming wordt gebruikt. Een korte koudeperiode met direct daarna temperatuurcompensatie heeft geen of nauwelijks effect op de productie en kwaliteit, en als de koudeperiode volop in de productieperiode valt, kan de productie tijdelijk wat lager zijn, maar de eventuele productieachterstand wordt later weer volledig ingehaald door een hogere temperatuur aan te houden. Door een korte periode met lage etmaaltemperaturen ontstaat er een opener gewas met sterkere vruchtbeginsels.

##### *Architectuur*

Net als bij tomaat beïnvloedt het dag/nacht regime de lengte van de internodiën. Een negatieve DIF met lage dagtemperatuur en een hoge nachttemperatuur geeft kortere internodiën en daarmee een meer compacte plant (de Koning, 1992).

##### *Kwaliteit*

Belangrijk kwaliteitskenmerken van komkommer zijn lengte en gewicht (in Nederland is het streefgewicht van een komkommer ongeveer 400 g). Verder wordt in de literatuur gewezen op het gevaar van chlorose bij een temperatuur onder de 12°C (Kleinendorst & Veen, 1983; Berry & Raison, 1981, vermeld in Buwalda, 1999). Janse (2003) zag dat matverwarming de kwaliteit en productie niet beïnvloedde, maar dat het in combinatie met een ruimtetemperaturen van 10 en 12°C bladchlorose gaf. Zonder matverwarming was de hoeveelheid bladchlorose bij deze lage etmaaltemperaturen te verwaarlozen.

Verder meldt Van der Vlugt (1983, vermeld in Buwalda (1999)) dat het opkweken van komkommerzaailingen bij temperatuurwisselingen met een amplitude van 5°C gedurende 2 tot 20 dagen steeds in goed plantmateriaal resulteerde, maar dat in de vervolgteelt bij gelijke standaardtemperatuur echter wel een hoger percentage 2<sup>e</sup> kwaliteit werd geoogst.

Janse *et al.* (2003) vonden na een of twee koudeperiodes van zes dagen bij een etmaaltemperatuur van 16°C met daarna temperatuurcompensatie, uiteindelijk een iets lagere kwaliteit dan bij een constante etmaaltemperatuur van circa 20°C. Het percentage 2<sup>e</sup> klasse vruchten was hoger dan bij de standaard. Maar een kortere koudeperiode, drie dagen 12°C of 2,5 dagen 10°C met daarna temperatuurcompensatie beïnvloedde de kwaliteit niet.

#### 4.1.3 Paprika

##### *Ontwikkeling*

Er wordt meestal aangenomen dat de ontwikkelingssnelheid van paprika lineair afhankelijk van de temperatuur is, al zijn er aanwijzingen dat de temperatuursom toeneemt bij de vorming van de eerste nodia (Buwalda *et al.* 2003). De uitgroeiduur van de vruchten uitgedrukt in graaddagen is daarentegen niet constant (Buwalda *et al.* 2003): een lage temperatuur gaf meer vruchtzetting waardoor het effect van de lagere ontwikkelingssnelheid werd gecompenseerd en er nauwelijks invloed van temperatuur op de totale productie werd geconstateerd.

De reactie op lage nachttemperatuur vertoont rasverschillen. Heij *et al.* (2004) pasten gedurende 5 of 10 dagen een lagere nachttemperatuur in het vegetatieve stadium toe bij de rassen Fiesta en Special (max 3°C gecompenseerd). De beide rassen tonen wisselende verschillen in zetting. Wanneer eind februari de vruchten van het eerste zetsel volledig gevormd waren, waren er echter geen verschillen meer zichtbaar.

##### *Groei*

In de literatuur wordt gesteld dat bloei en vruchtvorming bij paprika goed gaan tussen 10 en 28°C, terwijl kortdurende perioden van hoge temperatuur worden getolereerd (max. 4 uur bij 32°C; Ryski, 1986). Er is sprake van een sterke interactie tussen tolerantie voor hoge temperaturen en het lichtniveau: bij weinig licht neemt de zetting bij hoge temperaturen sterk af. Het temperatuurtraject van 13 tot 27°C (winter) of 32°C (zomer) lijkt dus fysiologisch veilig voor paprika. Er zijn aanwijzingen dat een hoge nachttemperatuur schadelijker is (i.v.m. bloemabortie) dan een hoge dagtemperatuur; omgekeerd werken lage nachttemperaturen (10°C of lager) bevorderlijk op de bloei (Rylski, 1984) (in Buwalda *et al.* 2003). Heij *et al.* (2004) stellen dat effecten van temperatuurbehandeling op productie door de wisselende plantbelasting van het gewas niet meetbaar werden gemaakt.

Eind jaren '90 zijn in TI proeven bij het PBG en de praktijk geen gewaseffecten gevonden als in de teelt brandbreedtes tot en met 4°C werden toegepast. Heij (1998, vermeld in Dieleman *et al.* (2007)) constateerde dat er in geval van 24-uurs TI met een vrij grote bandbreedte (tot 6°C) gewerkt kan worden, zonder gevolgen voor productie en kwaliteit. Dit werd door Dieleman & de Zwart (2004) genuanceerd: 24-uurs TI heeft misschien geen invloed op de totale drooggewicht, maar in de analyse moet worden bedacht dat naast temperatuur, bijvoorbeeld de CO<sub>2</sub> ook anders kan zijn.

##### *Architectuur*

Een negatieve DIF leidt tot kortere internodiën (Heij *et al.* 2004) en daarmee een meer compacte plant. Bakker & van Uffelen (1988) voegen hier verminderde bladstrekking aan toe. Als dit aan het begin van de teelt optreedt kan de lagere lichtonderschepping tot een lagere productie in het begin van de teelt leiden (Buwalda *et al.* 2003).

##### *Kwaliteit*

Het vruchtgewicht is het hoogst bij een temperatuur van 19°C (Buwalda *et al.* 2003). Bij zowel hogere als lagere temperatuur bevinden er zich wel meer vruchten aan de plant, maar deze hebben een lager vruchtgewicht. Bij een overschot aan assimilaten kunnen zogenaamde 'knoopvruchten' ontstaan (Aloni *et al.* 1999 ; Rijdsdijk *et al.* 1998, in Buwalda *et al.* 2003). Een bandbreedte van 8°C is daarom niet gewenst tijdens de eerste teeltfase in verband met de vruchtkwaliteit. In latere teeltfasen zijn er geen problemen meer met een bandbreedte van 8°C.

#### 4.1.4 Aubergine

Het dagpatroon van temperatuur is bij aubergine wat minder rigide dan bij tomaat. Aan het einde van de middag worden temperaturen van 28-29°C toegestaan, dus TI wordt bij aubergine al redelijk toegepast (Dieleman *et al.* 2011). In de winter wordt de nachttemperatuur constant gehouden op ca. 17-18°C, maar omdat aan het einde van de nacht de minimumbuis wordt opgestookt, loopt de nachttemperatuur dan al wat op. In het voorjaar en de zomer komt er meer licht en mag de temperatuur met de instraling oplopen. In de ochtend staat de temperatuur op ca. 19°C. Overdag mag de temperatuur oplopen met instraling. Bij veel instraling mag de temperatuur oplopen tot 28 – 29°C rond 17.00 uur, dat wordt aangehouden tot zon onder. Afhankelijk van ras en gewasstand wordt daarna snel afgekoeld naar een voornacht van 17 - 18°C. Er wordt gestreefd naar een etmaaltemperatuur van maximaal 23°C.

#### 4.1.5 Sla

Van sla is rond 2003 en 2004 enige informatie verzameld. In de praktijk werd TI gedurende maximaal 3 dagen met een bandbreedte van 5°C toegepast zonder dat er schade werd geconstateerd. Janse *et al.* (2004) rapporteerden dat sla bij TI wat weliger kan opgroeien, maar ook dat er geen duidelijke kwaliteitsverschillen zijn geconstateerd tussen sla geteeld bij TI of bij een standaard temperatuurinstelling. Daarentegen werd iets eerder gerapporteerd (Janse *et al.* 2003b)<sup>1</sup> dat bij een extreme TI behandeling (7 dagen, bandbreedte tot 14oC) met schermgebruik dat de sla 10% zwaarder was dan bij de standaard.

#### 4.1.6 Andijvie

TI bij andijvie leidde bij Janse *et al.* (2003b) tot gewichtstoename van de krop. Bij de meest vergaande behandeling (zie voetnoot) nam het gewicht zelfs met 14% toe.

#### 4.1.7 Koolrabi

De groei van koolrabi kent een grote mogelijkheid voor temperatuurintegratie. Eerst worden assimilaten in een reservepool opgeslagen, die bij hogere temperatuur sneller geleegd wordt (Liebig, 2015).

Fink (2013) bepaalde de fotosynthesesnelheid bij koolrabi nadat de planten waren geacclimatiseerd bij verschillende temperaturen. Terwijl op de lange termijn de optimale temperatuur voor fotosynthese boven 18°C lag, bleek de optimale temperatuur op de korte termijn niet hoger te liggen dan de opgroei temperatuur. Dit laatste maakt temperatuurintegratie lastig omdat het snel leidt tot suboptimale fotosynthesesnelheden en groei.

#### 4.1.8 Radijs

Bij Janse *et al.* (2003b) waren de knollen groter bij TI met schermgebruik. Alleen in de decembroogst trad er dan wat meer geel lobblad op. In de voorjaarsteelten was het radijsloof bij deze behandelingen 1 à 2 cm langer dan bij de standaard. Het loof is bij TI meestal wat langer, maar soms ook wat weliger en gevoeliger voor het wit (Janse *et al.* 2004). In de praktijk werd in 2004 alleen kortetermijn TI over een periode van 3 dagen met een maximale bandbreedte van 5°C toegepast, zonder dat er schade optrad (Grashoff *et al.* 2004).

---

1 Janse *et al.* (2003b) hanteerde bij verschillende gewassen de volgende behandelingen: 1) 7-daagse TI met een etmaaltemperatuur van circa 8oC (variërend van 4 tot 12oC = bandbreedte van 8oC) en een maximale temperatuursom 600 graaduren, en 2) idem, maar schermgebruik, een grotere bandbreedte (3 tot 14oC) en een maximale temperatuursom 1000 graaduren.

## 4.2 Groene potplanten

### 4.2.1 Ficus

Ficus is van oorsprong een (sub)tropische plant, die een sterk verband tussen licht en temperatuur kent. Bij een instraling van  $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  is de optimale temperatuur  $16^\circ\text{C}$ , terwijl bij  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de optimale temperatuur  $22^\circ\text{C}$  is. Een hoger  $\text{CO}_2$ -niveau heeft invloed naarmate het lichtniveau hoger is (van Noort *et al.* 2010). De bladafplitsingsnelheid neemt af bij hoge temperatuur onder lage lichtcondities (Dijkshoorn-Dekker, 2002, in Buwalda, 2003). De informatie met betrekking tot groei is niet eenduidig, waarbij er verschillen tussen soorten worden gevonden. *Ficus benjamina* reageert niet of nauwelijks op negatieve DIF, terwijl *Ficus lyrata* hier juist sterk op reageert (de Beer, 1996). Buwalda *et al.* (2000) schrijven dat planten bij wisselende temperatuur even goed groeien als planten bij een vaste temperatuur. Een negatieve DIF leidt tot kortere planten, wat wordt afgeleid uit 24-uur TI experimenten (Rijsdijk & Vogelzang, 2000; Rijsdijk *et al.* 1998).

### 4.2.2 Dieffenbachia

De enige gevonden informatie dateert van 20 jaar geleden (Rijsdijk, 1998). In geval van 24-uurs TI met een bandbreedte van  $4\text{--}8^\circ\text{C}$  werd er geen betrouwbaar verschil in plantlengte en versgewicht gevonden. Er was op z'n best een tendens naar een lager versgewicht, maar de spreiding was groot. Bij een bandbreedte van  $8^\circ\text{C}$  kreeg het gewas een iets lichtere kleur, die in de uitbloeifase snel herstelde.

### 4.2.3 Schefflera

In geval van 24-uurs TI werd tot en met bandbreedte van  $8^\circ\text{C}$  geen verschil in plantlengte en versgewicht gevonden (Rijsdijk *et al.* 1998).

### 4.2.4 Yucca

In geval van 24-uurs TI werd tot en met bandbreedte van  $8^\circ\text{C}$  een positief effect op plantlengte en versgewicht gevonden zonder dat er kwaliteitsafwijkingen voor wat betreft bruin blad, bladpunten en hangend blad optraden (Rijsdijk *et al.* 1998). Een bandbreedte van  $8^\circ\text{C}$  gecombineerd met een hogere RV gaf nog een verdere verhoging van plantlengte en versgewicht.

### 4.2.5 Hedera

Hedera (klimop) tolereert lage nachttemperaturen, waarbij verschillen tussen dag- en nachttemperatuur van meer dan  $10^\circ\text{C}$  zijn toegestaan. Een experiment met een DIF van  $12.5^\circ\text{C}$  en TI over 1 of 4 dagen resulteerde in langere scheuten voor sommige cultivars, terwijl het effect op het gewicht erg variabel was (Pollet *et al.* 2009). Er leek een niet-significant effect naar een hogere waarde van de SLA.

## 4.3 Bloeiende potplanten

### 4.3.1 Chrysant

#### *Ontwikkeling*

De ontwikkeling van chrysant is afhankelijk van de temperatuur. In de meeste gevallen wordt gesteld dat de ontwikkelingssnelheid toeneemt bij een hogere gemiddelde etmaaltemperatuur (Buwalda, 2003, met verwijzing naar Karlsson *et al.* 1989; Corsten *et al.* 2011; Cockshull *et al.* 1981), met dien verstande dat er rasverschillen zijn (Cockshull *et al.* 1981) en dat Bot *et al.* (2004) menen dat zowel hoge (>25°C) als lage (<17°C) temperaturen de ontwikkeling vertragen en daarmee de tijd van begin korte dag tot oogstbare tak en dus de teeltduur doen toenemen. De absolute nachttemperatuur zou van belang voor een ongestoorde bloemknopaanleg zijn; er is mogelijk een korte kritische periode waarin een constante temperatuur van belang is voor de bloei (Cockshull & Kofranek, 1994).

In het geval van chrysant zijn er meerdere TI proeven gedaan, die hieronder puntsgewijs worden samengevat.

Tabel 4.1

*Samenvatting van onderzoek naar temperatuurintegratie bij potchrysant.*

TI duur (uur of dag)	TI bandbreedte (°C)	Andere ingrepen	Waarneming	Referentie
	Negatieve DIF	Isolatieschermen in de nacht	bloei vertraging	Adams <i>et al.</i> 2009, 2011
1 of meerdere dagen	2 of meer		bloei vertraging	Buwalda, 2003
2- 16 dagen	8		5-10 dagen vertraging in vegetatieve ontwikkeling en 5-7 dagen in generatieve ontwikkeling	Hannover-Ahlem, 1986b, genoemd in Buwalda, 1999
6 dagen	8		Ontwikkeling vertraagd; niet bij kleiner bandbreedtes	Körner & Challa, 2004

Langdurige verhoging van de dagtemperatuur van 19 naar 21°C met compensatie in de nacht, had geen effect op de bloeitijd, alhoewel de plantlengte toenam (Adams *et al.* 2009). Maar verlaging van de dagtemperatuur naar 16°C met compensatie in de nacht veroorzaakte een bloei vertraging van 2 weken.

#### *Groei*

Buwalda (2004b) vond bij potchrysant een wisselend effect op groei, ontwikkeling, inductie van zijscheutvorming en bloei (het merendeel van behandelingen was minder goed dan referentie, maar ook enkele die het beter deden), maar concludeerde al met al toch dat potchrysant extreem tolerant is voor temperatuur fluctuaties.

#### *Architectuur en kwaliteit*

Een toenemende bandbreedte bij TI leidt tot een grotere stengellengte (Körner & Challa, 2003), waarbij Cockshull *et al.* (1981) concluderen dat dit vooral wordt gestimuleerd door een hoge dagtemperatuur, dus een positieve DIF. Karlsson & Heins (1992) voegen hieraan toe dat een positieve DIF een hogere drogestofverdeling naar de stengels geeft.

#### 4.3.2 Kalanchoë

##### *Ontwikkeling*

De informatie over het verband tussen ontwikkelingssnelheid van kalanchoë en temperatuur is niet consistent. Er wordt gesteld dat de ontwikkelingssnelheid recht evenredig is met temperatuur, ook bij extreme temperatuurswisselingen (Buwalda, 2004c), wat wordt bevestigd door Rijdsijk *et al.* (1998) die bij 24-uurs TI geen effecten bij uitbloei waarnamen. Blijkbaar werd een eerdere constatering, dat wisselende temperaturen de generatieve ontwikkeling stimuleren, herzien (Buwalda *et al.* 1999b). Aan de andere kant resulteerden een negatieve DIF (warme nachten en koudere dagen) in een bloeivertraging van 8.5% als gevolg van langzamer bloeminitiatie en bloemontwikkeling (Langton & Horridge, 2006). Rijdsijk *et al.* (1998) daarentegen vonden bij een negatieve DIF een niet-significante kortere teeltduur van een week. In eerder onderzoek (Cuijpers en Vogelesang, 1991) was ook al gezien dat een omgekeerde dag-/nachttemperatuur bij Kalanchoë een tegengesteld effect laat zien dan de meeste andere gewassen (dus juist een versnelling). Tot slot wordt er een remmende rol toegekend aan lage lichtniveaus (Buwalda *et al.* 1999b).

##### *Groei*

24-uurs TI met een bandbreedte van 4°C resulteerde niet in verandering in plantlengte en versgewicht, maar 24-uurs TI met een bandbreedte van 8°C gaf een langere plantlengte, met name door langere bloemstelen (Rijdsijk *et al.* 1998).

##### *Architectuur en kwaliteit*

Buwalda (2004c) vond geen effect van sterke temperatuurswisselingen op uitgroei van zij scheuten en de verdeling van biomassa in de plant.

#### 4.3.3 Begonia

Er is wel temperatuuronderzoek bij begonia gedaan (bijv. van Noort *et al.* (2004), Buwalda (2004a)), maar dit betrof geen TI. De enige gevonden rapportage betrof het feit dat temperatuurswisselingen tussen 10 en 24°C tot 4 weken vertraging in bloeisnelheid kunnen geven zonder de groei te beïnvloeden (Hannover-Ahlem, 1986b, genoemd in Buwalda, 1999).

#### 4.3.4 Hydrangea

De plantlengte wordt volgens van Leeuwen (1993) sterk beïnvloed wordt door verschillen in dag- en nachttemperatuur. Aan de andere kant werd door Rijdsijk *et al.* (1998) bij 24-uurs TI tot en met een bandbreedte van 8°C geen verschil in gewasgroei waargenomen.

#### 4.3.5 Petunia

Petunia ondervindt een lichte bloeivertraging bij een negatieve DIF (Adams *et al.* 2011), wat niet bij een positieve DIF optreedt.



#### 4.3.6 Saintpaulia

Saintpaulia (Kaaps viooltje) ondervindt, net als petunia, een lichte bloeivertraging bij een negatieve DIF (Adams *et al.* 2011), wat niet bij een positieve DIF optreedt. Bij lage lichtcondities in combinatie met een hoge temperatuur treedt er volgens Buwalda (2003) en Buwalda *et al.* (2004) een verlaging van de bladafsplittingsnelheid op. Uit de resultaten van van Noort *et al.* (2004) komt aan de andere kant duidelijk naar voren dat belichten en temperatuurverhoging een versnelling van de teelt geeft. Menne (1992, gerefereerd door Buwalda, 1999) vond dat bij kleinere temperatuurwisselingen er bloeiuitstel optrad en de teelduur werd verlengd, langer ten opzichte van constante temperaturen. Er was echter geen nadelig effect op de vegetatieve groei. Bij grote temperatuurwisselingen (tussen 12 en 28°C) liep saintpaulia bladschade op en bleef de groei daardoor sterk achter.

#### 4.3.7 Dahlia, afrikaantje, zinnia

De bloeitijden blijven in een studie van Blanchard *et al.* (2011) hetzelfde bij dezelfde gemiddelde etmaaltemperaturen. Een negatieve DIF leidde tot kleinere planten.

#### 4.3.8 Kerstster / Poinsettia

Menne (1992, gerefereerd door Buwalda, 1999) vond geen nadelige invloed van temperatuurwisselingen op de ontwikkeling en de groei. Wel waren er aanwijzingen dat de generatieve ontwikkeling enkele dagen vertraging opliep. Een temperatuurval (DROP) leidt tot minder bladeren en kortere stengel, maar niet tot kortere internodiën (Ueber & Hendriks, 1992). Alleen sterke temperatuurval leidde tot een later bloeimoment. Dit houdt verband met het feit dat voor bloei de nachttemperatuur in de inductiefase niet te hoog (>22°C) en niet te laag (<18°C) t.o.v. een hoge dagtemperatuur mag worden (Kromwijk *et al.* 2007).

In Tabel 4.2 wordt van een aantal gewassen de experimenteel bepaalde integratiecapaciteit samengevat.

Tabel 4.2

*Samenvatting van de experimenteel bepaalde integratiecapaciteit voor een aantal gewassen (overgenomen uit Buwalda, Eveleens, & Wertwijn, 1999a). De gehanteerde temperatuurafwijkingen (in graaduren) bedroegen 144 (2°C, 6 dagen), 288 (2°C, 12 dagen) en 576 (4°C, 12 dagen).*

Gewas	Integratiecapaciteit (h°C)	Meest kritische proces	Opmerkingen
Ficus	> 576		Bladafsplitsing en uitlopen zijscouteuten licht gestimuleerd
Kalanchoë	> 576		Vervroegde bloei.
Chrysant	144	Bloei-inductie en realisatie	Vegetatieve fase mogelijk minder gevoelig.
Anthurium (scherzerianum)	576 of meer		
Anthurium (adrianum)	Afhankelijk van cultivar: 114 (bloei), 576	Groei en bloei	
Gerbera (snij)	144-288	Bloemen kleiner en lichter	
Gerbera (pot)	288	Bloemen kleiner en lichter	Aantal bloemen neemt licht toe.
Roos	Afhankelijk van cultivar: 114 / 576	Lengtegroei tak	Stimulerend effect op snelheid van in bloei komen.

## 4.4 Snijbloemen

### 4.4.1 Roos

#### *Ontwikkeling*

Er wordt algemeen aangenomen dat temperatuurfluctuaties niet van invloed zijn op de ontwikkelingssnelheid (Buwalda *et al.* 2000). Een jaar lang 24-uurs TI met een bandbreedte van 2-4°C had geen effect op productie en bloei (Rijsdijk & Vogelzang, 2000). Dieleman *et al.* (2003, 2005, 2007) rapporteren dat 2 en 14-daagse TI met bandbreedtes van 1, 6 en 10°C de tijd tussen terugknippen en bloei niet beïnvloedden (een grotere bandbreedte leidt tot een niet-significante versnelling), maar dat de tijd tussen terugknippen van de scheut tot de okselknop uitgelopen is (1.5 cm lang) wordt verkort als de starttemperatuur in de eerste week hoger is.

#### *Groei, architectuur en kwaliteit*

24-uurs TI met een bandbreedte tot 8°C had voor de rassen Frisco en First Red geen effect op productie (stuks en biomassa), taklengte, uitgroeiduur en uitbloei. Er werd eenmalig een iets lichtere bloemkleur bij 8°C bandbreedte in de zomer geconstateerd (Rijsdijk *et al.* 1998). Dit komt overeen met de bevindingen van Vogelesang *et al.* (1998) dat een negatieve of positieve DIF van 5 geen betrouwbaar effect had op de taklengte. Maar Dieleman *et al.* (2003) vonden dat, naarmate de bandbreedte van temperatuurintegratie groter werd (1, 6 en 10°C), takken na 6 weken minder zwaar en korter bleken te zijn en een kleinere bladoppervlakte bleken te hebben. Dieleman & Meinen (2007) constateerden dat tijdens een 14-daagse TI waarbij hoog licht met een lage temperatuur werd gecombineerd de fotosynthesesnelheid lager was en het zetmeelgehalte hoger was dan bij de hoog/hoog combinatie, wat wijst op negatieve feedback op de fotosynthese. De studies uit 1998 betroffen rozen die niet op snee stonden (dus geen eenmalige oogst), terwijl de latere studies wel rozen betrof die op snee stonden. Dit kan de resultaten hebben beïnvloed.

Zowel een toenemende bandbreedte als een negatieve DIF geeft kortere stengels. Rijsdijk & Vogelzang (2000) vonden dit bij 24-uurs TI met een negatieve DIF en een bandbreedte van 4 en 8°C bandbreedte, en Dieleman *et al.* (2005, 2007) bij 2 en 14-daagse TI met bandbreedtes van 1, 6 en 10°C. Dit moet niet worden verward met het feit dat roos bij hogere temperaturen als gevolg van het sneller in bloei komen kortere takken geeft (bijv. van den Berg, 1987; Dieleman *et al.* 2003). Zie ook figuur 3.3.

### 4.4.2 Gerbera

Temperatuurfluctuaties beïnvloeden de lengte van de steel waarbij er een interactie is met het lichtniveau: langere stelen treden op bij hoge lichtniveaus (Buwalda *et al.* 2000).

### 4.4.3 Alstroemeria

In het najaar van 2004 is er een onderzoek uitgevoerd naar de effecten van temperatuur op groei, productie en kwaliteit (Kersten *et al.* 2006) van alstroemeria. Er bleek dat bij een normale etmaaltemperatuur van ongeveer 15°C er een lagere nachttemperatuur kan worden aangehouden, mits deze wordt gecompenseerd door een hogere dagtemperatuur. Labrie & De Zwart (2012) vonden bij TI geen effecten op aantal en gewicht van takken, en versgewicht, maar wel minder necrose in de winter.

#### 4.4.4 Freesia

TI in combinatie met schermen bij freesia leidde bij Janse *et al.* (2003b; zie voetnoot #1) tot 8% zwaardere hoofdtakken en latere oogst. Alleen schermen had geen effect. In 2004 schreven Grashoff *et al.* (2004) dat in de praktijk alleen korte-termijn TI wordt toegepast, gedurende maximaal 3 dagen met een bandbreedte van 5°C. Deze terughoudendheid is terug te vinden in de noodzaak om voor een goede ontwikkeling van de bloemknop, en voor de latere kwaliteit en productie, een constante bodemtemperatuur van 16°C bij de start van de teelt aan te houden, wat gerealiseerd wordt met bodemkoeling of -verwarming in, afhankelijk van de tijd van het jaar (van der Helm *et al.* 2014).

#### 4.4.5 Tulp

Volgens van de Gulik *et al.* (2011) kan bij tulp een 24-uurs TI met een bandbreedte van maximaal 12°C in de periode van november t/m april niets aan kwaliteit in te leveren. Ze melden dat er soms zelfs een positief effect met betrekking tot gewicht of lengte werd verkregen.

#### 4.4.6 Lelie

Temperatuurintegratie gedurende een week binnen een bandbreedte van 8°C met een etmaaltemperatuur van 17°C heeft vrijwel geen effect op de kwaliteit (Hogewoning *et al.* 2015). Slechts in een enkel geval is iets meer knopmisvorming gevonden. TI in combinatie met een negatieve DIF en een maximale bandbreedte van 6°C (zodat in de nacht efficiënt gestookt kan worden met het energiescherm dicht) leidt er meestal toe dat de takken korter en steviger worden, er minder kans op bladverbranding is, en er een teeltversnelling plaatsvindt. Dit treedt standaard op als de kastemperatuur wordt verhoogd (Kok *et al.* n.d.). Te lage kastemperaturen (<12°C) kunnen echter wel leiden tot grijs blad.

#### 4.4.7 Anthurium

Maximaal 4-daagse TI (Warmenhoven *et al.* 2004; Warmenhoven & García, 2004) resulteerde in een tijdelijke vertraging van de productie, wat na de compensatieperiode werd gecorrigeerd. Om door heterogeniteit in de kas te koude plekken te vermijden, adviseerden tuinders toen een minimale etmaaltemperatuur van 14°C bij een normale etmaaltemperatuur van 18°C.



**Figuur 4.2** Een bloeiende anthurium.

#### 4.4.8 Ranonkel

Bij ranonkel was het totale oogstgewicht bij de standaard het laagst en bij de behandeling temperatuurintegratie met scherm het hoogst (Janse *et al.* 2003b). Dit laatste was vooral het gevolg van 15% zwaardere takken. Bij de geschermd standaardafdeling en de afdeling waarin gestreefd werd naar de meeste energiebesparing was het aantal takken rond de 6% hoger. Er werden geen verschillen in vroegheid of andere kwaliteitseigenschappen gevonden.

### 4.5 Diversen

#### 4.5.1 Kruiden

Dag/nacht variatie rond gemiddelde etmaaltemperatuur van 21°C (24/28°C en 27/15oC) had geen effect op het versgewicht van diverse kruiden, namelijk basilicum, koriander, citroenmelisse, oregano, rucola, rozemarijn, salie en tijm (Mortensen, 2014).

## 5 Temperatuurintegratie over een lange periode

In dit hoofdstuk wordt de literatuur samengevat die betrekking heeft op temperatuurintegratie over een lange tijdsperiode, waarbij dezelfde opmerkingen gelden als aan het begin van hoofdstuk 4. Het onderscheid tussen kort en lang is niet precies aan te geven. In dit verslag wordt ruwweg aangenomen dat een korte periode 1 tot 2 weken betreft, en een lange periode 2 weken of meer.

### 5.1 Groentegewassen

#### 5.1.1 Tomaat

##### *Ontwikkeling*

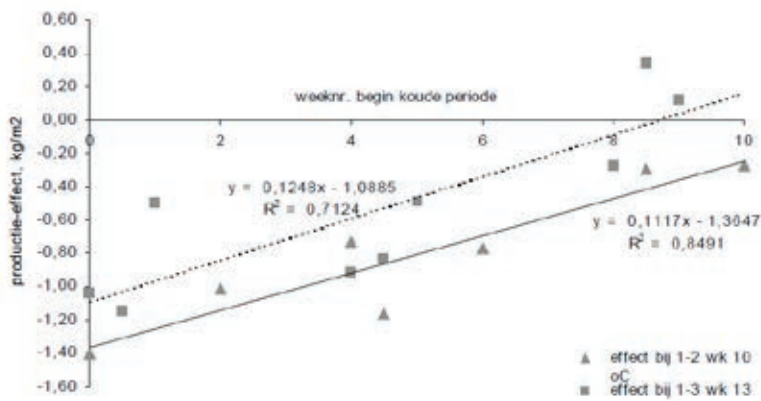
De ontwikkelingsnelheid van tomaat is afhankelijk van de temperatuur, zowel bij jonge als bij oude planten. In een experiment met een bandbreedte van 1, 3, of 5°C afwijking van de controle, gedurende 3, 6 of 12 dagen met daarna een gelijke periode van compensatie, vond de Koning (1990) dat een hoge amplitude een kleine vertraging in de ontwikkelingssnelheid leek te geven. Kaarsemaker & van Rijssel (2003) onderzochten de effecten van 1 tot 3 weken verlaagde temperatuur met compensatie achteraf. De ontwikkelingssnelheid bij de behandelingen bleef niet achter ten opzichte van de referentie.

##### *Groei*

In het bovengenoemde experiment van de Koning (1990) vond hij minimale gewichtsverschillen. Volgens Adams *et al.* (2011) gaf 'extended TI' (TI en gebruik van isolatieschermen in de nacht) goede resultaten, hoewel er het gevaar van toegenomen vruchtgewicht bestaat (wat toch een lagere temperatuur en langzamere ontwikkeling suggereert).

Uit onderzoek door Venema (2004) blijkt dat na het overzetten van een koudetolerante tomaat naar een lage temperatuur in verhouding meer biomassa naar de wortel te gaan. Het gevolg daarvan is dat zich minder koolhydraten (zetmeel) ophopen in het blad, wat de afname in specifieke bladoppervlakte (bladoppervlak per eenheid bladmassa) en door middel van negatieve terugkoppeling de fotosynthesecapaciteit beperkt. Verder kan een sterker ontwikkeld wortelstelsel bij lage temperatuur (en sterk fluctuerende kastemperaturen), de spruit beter voorzien van water, nutriënten en groei stimulerende wortelhormonen.

Kaarsemaker & van Rijssel (2003) onderzochten het effect van toepassing van 1, 2 of 3 weken lage temperatuur (10 en 13°C) in verschillende stadia van de teelt (0, 4, 8, of 10 weken na planten) met compensatie achteraf door middel van een temperatuur 22°C. De totale integratieperiode was 3-9 weken, afhankelijk van de duur van de koude periode. Een koudeperiode in begin januari met een jong gewas resulteerde in een productieverlies van ongeveer 1,1 kg m<sup>-2</sup> (1 week 13°C) of 1,5 kg m<sup>-2</sup> (1 week 10°C). Naarmate de koudeperiode later viel, was het productieverlies kleiner zodat een week koude in maart nauwelijks nog in opbrengst viel terug te vinden. Het effect van een koudeperiode bestond steeds uit een verlies aan vruchten (een lagere zetting per tros) en een lager gewicht van de geoogste vruchten. Mogelijke mechanismen zijn een tragere gewasopbouw en kleiner bladoppervlak met lagere gewasfotosynthese. Omdat de drogestof productie meer afnam dan het aantal vruchten nam het gemiddeld vruchtgewicht af. Een koudeperiode met compensatie beïnvloedde het productieverloop met een onregelmatig verloop in de productie. Omdat later in het seizoen het gewas al is opgebouwd en bijvoorbeeld voldoende blad heeft, heeft een koudeperiode dan minder effect. In onderstaande figuur en tabel is een overzicht gegeven van de effecten van een week 10 of 13°C bij verschillende begindata van de koude periode in de maanden januari tot maart bij een plantdatum op 20 december 2000. In de huidige belichte systemen met een plantdatum rond september is de timing uiteraard anders, maar zullen de mechanismen hetzelfde zijn.



**Figuur 5.1** Het effect van een koudeperiode in de maanden januari t/m maart op de productie van tomaat (Bron: Kaarsemaker & van Rijssel, 2003).

#### Architectuur

In het bovengenoemde experiment van de Koning (1990) vond hij dat de plantlengte alleen soms iets werd afgeremd bij een brede amplitude van 6°C.

#### Kwaliteit

In bovengenoemde experiment van Kaarsemaker & van Rijssel (2003) werd geconstateerd dat een week met 13°C had geen invloed op de kwaliteit van vrucht en tros, maar dat een langere koudeperiode 30% splitstrossen en enkele misvormde vruchten gaf. Drie weken met 13°C verminderde de zetting. Een of twee weken van 10°C gaf splitstrossen en enkele misvormde vruchten. Bij beide temperaturen kwamen de misvormde vruchten voor in de trossen die in de koudeperiode hadden gebloeid, en vormden de splitstrossen zich 4 à 5 trossen boven de in de koudeperiode bloeiende tros.

### 5.1.2 Paprika

Buwalda *et al.* (2003) vonden dat paprika temperaturen in het gebied tussen 15 en 30°C uitstekend verdraagt. Volgens van den Berkmontel (2004) mag de afwijking oplopen tot 300 graaduren. Buwalda *et al.* (2003) beschrijven een aantal compenserende mechanismen. Een ervan is de regulatie van de plantbelasting: een langere uitgroei duur bij lagere temperatuur werd gecompenseerd door een hogere plantbelasting. Ook de effecten van plantdichtheid worden gecompenseerd doordat het aantal vruchten per plant omgekeerd evenredig was met het aantal planten per m². De lagere productie bij de laagste plantdichtheid en een lage temperatuur van 15°C afdeling was te verklaren uit de geringere totale lichtonderschepping die het resultaat was van het relatief laat bereiken van een voldoende hoge bladbedekkingsgraad (LAI). In een experiment waarin de temperatuur binnen een etmaal werd geoptimaliseerd vanuit de optiek van energiebesparing, waarbij het uitgangspunt was dat de fotosynthese op peil bleef, bleken groei en ontwikkeling niet te zijn beïnvloed (Dieleman *et al.* 2005).

### 5.1.3 Courgette

Een tijdelijk lage temperatuur gevolgd door een periode met een hogere temperatuur, waarin de temperatuurachterstand van 24 graaddagen volledig werd gecompenseerd, heeft geen duidelijk effect had op de productie of kwaliteit (Janse & Raaphorst, 2003). Ondanks lage etmaaltemperaturen tot 8,5°C werd er aan het gewas geen schade geconstateerd. Echter, het handhaven van 14,5°C gedurende 8 dagen had vijf weken later tot gevolg dat er tijdelijk nauwelijks of geen mannelijke bloemen zichtbaar zijn, terwijl een tijdelijk hogere etmaaltemperatuur later in meer mannelijke bloemen resulteerde.



## 5.2 Groene potplanten

### 5.2.1 Zamioculcas

In het recente onderzoek naar de teelt van Zamioculcas (ZZ plant of Emerald palm; Balk *et al.* 2019) werden in de winter verlaagde setpoints toegepast, in combinatie met een grotere toename van de luchttemperatuur per eenheid toename PAR. Dit leidde tot hogere zomertemperaturen, *et al.* met al tot plant die 4 weken eerder verkoopbaar was.

## 5.3 Bloeiende potplanten

### 5.3.1 Poinsettia (kerstster)

In de groeifase is een dagtemperatuur van 15°C en een nachttemperatuur van 15-23°C mogelijk om een etmaaltemperatuur van 19°C te verkrijgen. Het versgewicht kan wel wat achter blijven (van Spingelen *et al.* 2008). In de schermontwikkeling- en -uitgroeifase kan een lage etmaaltemperatuur (15oC) leiden tot een kleiner scherm een langere teeltduur. Buwalda (2012) stelt dat in het teeltschema van poinsettia energiewinst te behalen is door in de vroege fase van de teelt op basis van instraling hogere teelttemperaturen toe te laten en aan het eind van de teelt de temperatuur relatief laag te houden (Buwalda *et al.* 2012). Een andere optie kan zijn om de planten eerder op te potten (als dat in het teeltschema past) om in begin sneller plant op te bouwen, zodat later in de teelt kan worden volstaan met lagere temperatuur.

Bij het evalueren van het poinsettiasortiment bij de start van een veredelingsproject voor ontwikkeling van rassen met tolerantie tegen lage temperatuur werd de vertakking, stengeldikte en wortelkwaliteit weinig beïnvloed na een verlaging van temperatuur van 20 naar 17°C (Smaal, 2005). De planthoogte en de uitgroeï van de bloemschermen werden echter wel beïnvloed: de planthoogte en diameter van de bloemschermen werden kleiner bij lagere temperatuur. De procentuele afname verschilde echter duidelijk per cultivar. Bij sommige cultivars was er soms een afname van 50% in diameter of planthoogte bij een teelttemperatuur van 17°C. Een veredelingsprogramma gericht op lage temperatuur tolerantie heeft twee nieuwe rassen opgeleverd. Bij deze rassen nam het bloemscherm maar 3% af bij verlaging van de temperatuur naar 17°C. Deze rassen zijn ook bij normale temperatuur van 20°C goed te telen wat telers de keuze geeft om bij hoge of lage temperatuur te telen.

### 5.3.2 Hortensia

Benninga *et al.* (2005) oordelen dat bij hortensia een verlaging van de stooktemperatuur (8oC). economisch perspectief heeft, mits het pennen achterwege kan worden gelaten (Pennen is het steken van stokken en aanbinden van scheuten aan de stokken. Bij lage temperatuur zijn scheuten zo stevig dat dat niet nodig is.). In Duitsland worden Hortensia's bij een stooktemperatuur van 14°C zonder pennen geteeld.

### 5.3.3 Bromelia

García & Warmenhoven (2005) rapporteren dat Bromelia in de fase voor de bloei-inductie een lagere ruimtetemperatuur kan verdragen mits de wortels 'warm' blijven, wat het mogelijk maakt om het bovennet uit te zetten. Bij Bromelia bevindt het groeipunt zich in de vegetatieve fase net boven (of bovenin) de pot en kan de temperatuur van het groeipunt ook gestuurd worden met de pottemperatuur. Tijdens de bloei-inductie heeft een te lage temperatuur (16°C) voor veel soorten, waaronder een aantal Vriesea's een negatief effect op het percentage bloei. In de fase na bloei-inductie wordt de kwaliteit en de teeltduur van Bromelia met name bepaald door de gemiddelde temperatuur. Dit wordt bevestigd door een studie van Straver *et al.* (2004) waaruit blijkt dat compensatie van een lage (16°C) temperatuur na de bloeibehandeling gedurende een langere periode (1 maand) door een hogere temperatuur goed mogelijk is. Er bleek dat de gemiddelde temperatuur tijdens de periode na de bloeibehandeling de grootste invloed heeft op de gewassenmerken. Zo heeft een verlaging van de teelttemperatuur gedurende 90 dagen na bloei-inductie tot gevolg dat de teeltduur tot veiltrijp wordt verlengd. Dit effect was lineair: 1°C verlaging van de kasttemperatuur na de bloei-inductie verlengt de teeltduur met ca. 3 (cv. Guzmania) tot 6 dagen (cv. Vriesea). Verder werden grotere langere bloeistelen met een grotere diameter gevormd. Dit effect was niet-lineair. Tot slot werden bij cv. Vriesea meer zijbloeiwijzen en blad gevormd. Het aantal zijbloeiwijzen nam toe van ca. 2.5 bij 24°C tot 3.6 bij 16°C, waarbij het gewicht van 10 naar 26 gram steeg.



**Figuur 5.2** Bloeiende bromelia's

Een praktijkproef (García & Warmenhoven, 2005) met Guzmania 'Empire', Vriesea 'Christiane' en Vriesea 'Isabel' liet zien dat 7-daagse TI met een ruime bandbreedte (tussen 14 en 24°C) mogelijk is zonder gevolgen voor de teeltduur of de kwaliteit ten opzichte van een referentieafdeling met dag/nachttemperatuur van 20/19,5°C.

Experimentele resultaten (van Noort *et al.* 2013) wijzen erop dat langetermijn TI bij anthurium en bromelia mogelijk lijkt door in lichtrijke periode meer diffuus licht toe te laten, en de RV en temperatuur te verhogen zodat de source-sink verhouding goed blijft en een snellere plantopbouw te realiseren. In periode met minder licht kan dan volstaan worden met lagere temperatuur. Door het handhaven van een lagere temperatuur in combinatie met lichtintegratie kan energie worden bespaard. In de zomerproef bij Bromelia vond er een teeltversnelling van 4 weken plaats. Er waren wel veel ongewenste zijscheuten (mogelijk te voorkomen door een nog hogere temperatuur en meer versnelling en/of een hogere plantdichtheid).

### 5.3.4 Guzmania

Guzmania is een tropische plant uit Zuid-Amerika, een geslacht uit de bromeliafamilie. Van nature bloeien bromelia's vaak pas wanneer ze relatief oud zijn. In de teelt worden ze eerder in bloei getrokken met het (verouderings)hormoon ethyleen of een aanverwante stof (bijv. acethyleen). Guzmania groeit optimaal bij 19-22°C, maar de temperatuur mag oplopen bij oplopende lichtniveaus tot 30°C, maar de minimumtemperatuur moet niet langdurig onder de 16°C zakken, en pieken naar 12°C leveren geen schade op. Uit onderzoek bleek dat TI met een bandbreedte van 10°C bij dit gewas goed mogelijk, maar ook dat 1°C temperatuurdaling 3 dagen bloeivertraging gaf. Het lichtniveau dat gehanteerd wordt is 360-400 µmol met een streef RV van 80%. CO<sub>2</sub>-verhoging tot 1200 ppm heeft een positief effect op de groei (van Noort *et al.* 2010).

### 5.3.5 Potanthurium

Experimentele resultaten (van Noort *et al.* 2013; zie hierboven bij Bromelia) gaven in de zomerproef bij Anthurium een teeltversnelling van 22 naar 16 weken en 25% zwaardere planten. In de winterproef werd 2°C kouder geteeld waarbij 25% energie werd bespaard, en er geen tot kleine verschillen in droog- en versgewicht, kwaliteit en houdbaarheid optraden. Toch waren de referentieplanten volgens tuinders 2 weken eerder verkooprijp.

### 5.3.6 Phalaenopsis

Een lagere temperatuur in de vegetatieve fase geeft een tragere bladafsplitsing en meer bloei-inductie (meer voortakken (Kromwijk, 2003), terwijl een hogere temperatuur juist een versnelling van bladafsplitsing geeft (Dueck *et al.* 2011). Omdat voortakken ongewenst is, lijkt er in de vegetatieve fase weinig ruimte voor TI over meerdere dagen. Om elk risico op voortakken uit te sluiten is men in de praktijk ook voorzichtig met TI binnen een etmaal en wordt er gestreefd op continu hoge temperatuur. Resultaten van een proef met een dag/nachttemperatuur van 26/30, 30/26, 25/29, 29/25 en 28/28°C (Kromwijk, 2008) gaf echter geen betrouwbaar verschil, wat erop wijst dat beperkte TI binnen een etmaal wel mogelijk lijkt. Een lagere temperatuur in generatieve fase (koeling en afkweek) geeft groeivertraging (van Noort *et al.* 2014). Als de bloemtak eenmaal geïnitieerd is, is de tijd tot verkoopstadium afhankelijk van de gemiddelde temperatuur (Lopez en Runkle, 2005). In afkweekfase wordt in praktijk wel wat meer variatie in temperatuur toegelaten afhankelijk van gewenste kwaliteit en verkoopdatum.

## 5.4 Snijbloemen

### 5.4.1 Roos

Studies naar de effecten van TI op roos laten verschillende resultaten zien. Buwalda *et al.* (1999) paste strategieën tot +/- 100 d°h toe, zonder effecten op aantal takken, taklengte, versgewicht en vaasduur te vinden. In 2002 is door de Zwart & Dieleman (2003) onderzoek uitgevoerd naar de toepassing van TI bij rozen waarbij bleek dat naarmate de bandbreedte groter is bloemen eerder in een oogstbaar stadium zijn, maar dat de steellengte korter blijft. In 2003 is berekend of energiebesparing mogelijk is door het verlagen van de stooktemperatuur met 1, 2 of 3°C. Bij deze berekeningen is uitgegaan van rozenbedrijven die belichten van 1 september tot 1 april bij een lichtintensiteit onder de 200 W/m².

#### 5.4.2 Cymbidium

Cymbidium is een gewas waar TI over een lange tijd en met vrij grote bandbreedte mogelijk lijkt. Het is een meerjarig gewas dat eenmaal per jaar in bloei komt. Cultivars met vergelijkbaar bloeitijdstip staan bij elkaar in aparte afdelingen. Naar aanleiding van onderzoek met verschillende perioden van lage temperatuur in de winter (Kromwijk *et al.* 2007), het effect van temperatuur in het voorjaar (Kromwijk *et al.* 2004) en het effect op het bloeitijdstip in het najaar, wordt in de praktijk vaak gerekend met een temperatuursom die gerealiseerd moet worden vanaf einde koudeperiode in februari tot het gewenste bloeitijdstip in het najaar (van der Ende, pers. med.). Hier gaat het dus om een lange tijdsduur waarbinnen temperatuurintegratie mogelijk lijkt. Vergelijking van een dag/nachttemperatuur van 26/14°C met 20/20°C in periode van 12 februari t/m 22 mei gaf in het eerste jaar geen verschil in oogsttijdstip. In het 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> jaar gaf 26/14°C een 3 à 4 weken latere bloei (Kromwijk *et al.* 2004) en lijkt een grote bandbreedte nadelige effecten op teeltsnelheid te kunnen geven. Een lagere temperatuur van 12 februari t/m 22 mei gaf 1,5 week vertraging van het oogsttijdstip. Om een vroege bloei te realiseren voor 1 november moet er echter wel gemiddeld zo'n 20°C gerealiseerd worden vanaf half februari. Bovendien zijn te hoge temperaturen in de zomer niet gewenst (bij temperaturen boven de 27-28°C in de zomer kunnen nadelige effecten op treden op de fotosynthese en op de bloemaanleg, Kromwijk *et al.* 2013). Compensatie van langdurig lage temperatuur is hierdoor beperkt.



**Figuur 5.3** Een cymbidium bloeiwijze die bijna in bloei staat.

#### 5.4.3 Hippeastrum (amaryllis)

Hippeastrum is een meerjarig bolgewas dat eenmaal per jaar in bloei getrokken wordt. De bloemaanleg en bladafsplitsing vindt in de grond plaats (40 weken bodemtemperatuur van 22°C). De snelheid van deze ontwikkelingsprocessen wordt bepaald door de bodemtemperatuur. Bij hoge temperatuur blijven de aangelegde bloemknoppen in rust in de bol. Na periode van kou (12°C) gaan de bloemknoppen strekken en vanaf moment dat bloemknoppen bovengronds komen wordt de ontwikkelingssnelheid bepaald door kasttemperatuur (Kromwijk *et al.* 2015).

Baas *et al.* (2004) vonden geen verschil in het aantal bladeren, lengte en gewicht van de bloemstelen, oogsttijdstip tussen de referentiebehandeling (stoken bij 16°C en luchten bij 18°C) en 7-daagse TI met een maximale bandbreedte van 8°C en een maximale afwijking van 300 graduren. Bij een minimale stooktemperatuur van 8°C zonder compensatie werden geen effect op knopaanleg en houdbaarheid maar wel een vertraging van het oogsttijdstip met ca. 3 weken en een langere en zwaarder bloemsteel gevonden. Er zijn complexe effecten op de bolmaat, waarbij temperatuur, TI, de bolmaat zelf, lichtniveau, en substraattemperatuur een rol spelen. Een kleinere bolmaat bij de lagere bodemtemperatuur had overigens geen nadelig effect op de bloemproductie en -kwaliteit in een volgend teeltjaar.

Bij implementatie van de lage stooktemperatuur van 8°C in de praktijk zijn nadelige effecten gemeld (J. Overkleef, pers. med.). Dit komt mogelijk doordat de gerealiseerde kasttemperatuur bij een setpoint van 8°C in een praktijksituatie lager uit valt dan in de gebruikte onderzoekskas.



**Figuur 5.4** De teelt van amaryllis.

#### 5.4.4 Anjer

De referentieteelte voor anjer gebruikt in de winter een stooktemperatuur van 11°C die langzaam oploopt naar 16°C in de zomer. De buistemperatuur begrensd op 45°C, waardoor de temperatuur in de winter regelmatig onder die 11°C zakt, maar het energieverbruik beperkt blijft. De ervaring van een aantal telers is dat een temperatuurverlaging naar 5°C in plaats van 10°C in de winter snelheid kost, maar dat deze snelheid in het vroege voorjaar voor een groot deel terug te winnen is door op dat moment een hogere temperatuur toe te laten. TI over een langere periode lijkt dus een mogelijkheid. Een belangrijk verschil met *Alstroemeria* is dat de etmaaltemperatuur bij anjer in winter en najaar lager ligt dan bij *Alstroemeria* (10°C t.o.v. 15,5°C) en er in anjer nog nauwelijks belicht wordt (van der Helm *et al.* 2014).

#### 5.4.5 Lelie

In onderzoek bleek een verlaging van de kasttemperatuur gedurende 2 weken met maximaal 4°C onder de streeftemperatuur (14°C), gevolgd door 2 weken maximaal 4°C erboven, geen effect te hebben op de kwaliteit en de teeltduur. Bij *Oriëntal Star Gazer* kwamen wel meer tuitknoppen voor als de kasttemperatuur werd verlaagd ( $\leq 12^\circ\text{C}$ ). In de *Aziaat Brunello* en de *Longiflorum Snow Queen* werden geen schadelijke effecten waargenomen (Kok *et al.* n.d.). Een andere mogelijkheid om een temperatuursverlaging met maximaal 4°C gedurende 2 weken te compenseren is door per dag de temperatuur met 1°C te verhogen tot 1°C boven de streeftemperatuur. Door deze temperatuur aan te houden tot de oogst was het mogelijk om een vergelijkbare temperatuursom te realiseren. Deze temperatuurverlaging had geen noemenswaardige effecten op de takkwaliteit in Oriëntals en Aziaten. Tuitknoppen werden niet waargenomen.

### 5.5 Temperatuurintegratie in de praktijk

De Gelder heeft in 2003 op basis van gesprekken met de praktijk een overzicht opgesteld van de bandbreedte en periode van TI, zoals dat toen werd toegepast (Tabel 5.1). De maximale integratieperiode die toen werd gemeld betrof 7 dagen, dus lange-termijn TI werd in deze gewassen blijkbaar niet toegepast.

Tabel 5.1

*Grenzen aan temperatuurintegratie bij verschillende gewassen, op basis van gesprekken met de praktijk (de Gelder, 2003).*

Gewas	Bandbreedte (°C)	Integratiecapaciteit (d°C)	Integratietijd (d)
Tomaat	2-4	150-300	2-7
Komkommer	2-4	150-300	2-5
Paprika	2-3	150-300	2-5
Groene potplanten	4	200	2
Ficus benjamina	4	300	7
Kalanchoë	2	100	1
Roos	2-4	150-300	2-7
Chrysant	3	50	1
Gerbera	4	200	4
Anthurium	2	100	2

### 5.5.1 Workshopverslag

Om de hedendaagse praktijk op het gebied van temperatuurintegratie in beeld te krijgen werd er op 20 december 2018 een workshop met vertegenwoordigers uit de sector gehouden. Een deelnemerslijst is te vinden in Bijlage 1. De workshop werd gevoerd langs de volgende vragen:

- Wat zijn uw huidige temperatuurregelingen?
- Is temperatuurintegratie nodig, en hoe zou deze er idealiter uit moeten zien?
- Hoeveel kan uw gewas hebben, wanneer gaat het mis?
- Waar zitten qua productie en kwaliteit winst en verlies, is compensatie later in het seizoen eigenlijk wel nodig?

De verzamelde antwoorden worden besproken en er werd geprobeerd een aantal algemene principes te benoemen.

De workshop werd ingeleid door Aat Dijkshoorn, coördinator van het energieprogramma, die de vraag op tafel legde hoe de fossielvrije kastuinbouw er in 2040 uit zal zien. Er zal een combinatie van oplossingen nodig zijn. Een van de vragen hierbij is wat de teelttechnische mogelijkheden zijn om de piekvraag naar energie te verlagen. Wat leert de theorie, en wat wordt *et al.* in de praktijk gedaan?

Hieronder volgt een samenvatting van de opmerkingen die door de tuinders in de inleidende ronde en latere discussie werden gemaakt.

## **Algemeen**

- De principes van Het Nieuwe Telen dienen als leidraad.
- Ga uit van de temperatuur van zon-op tot zon-op, niet van middernacht tot middernacht.
- De plant liegt niet.
- Denk ook aan de natuurlijke vijanden, die bij een afwijkende temperatuur mogelijk minder efficiënt zijn.
- Eigenlijk gaat het om de gewastemperatuur, en daar moet rekening mee worden gehouden. De gewastemperatuur kan met schermgebruik hoger zijn dan de omgevingstemperatuur, en bij niet-schermen door de uitstraling juist lager.
- Er is meer balansdenken nodig in termen van de verhouding temperatuur-licht. Na een verstoring moet er rustig worden veranderd, uitgaande van de nieuwe uitgangssituatie. Geeft bijvoorbeeld niet meteen vol licht.
- Wens: groeimodule op de computer, die rekent aan vegetatief/generatief.
- Probeer in een sectie de plantdatum te variëren, combineer met een kleine ketel en maximale warmte, en integreer over de 4 secties. Of gebruik verschillende rassen (dit is voor een potplant eenvoudiger te realiseren dan een vruchtgroente).
- Algemene conclusies:
  - Groente binnen een week compenseren, potplanten 1,5 – 2 weken.
  - Zoek het ook vooral in het 3<sup>e</sup> scherm, vast folie, of meer gevelschermen.
  - Let op de kosten & baten.

## **Potplanten**

- Hanteer op fysiologie gebaseerde onder- en bovengrenzen voor de temperatuur, waarbij een seizoensmatige trend gehanteerd moet worden. Pas TI toe rondom deze basislijn. Voor de zomer werd in de workshop als gemiddelde etmaaltemperatuur 13-14°C genoemd, waarbij de nachttemperatuur tot 10°C kan worden laten gezakt. In de winter, wanneer de etmaaltemperatuur lager is, kan de nachttemperatuur tot 0.5°C worden laten gezakt. (NB: deze waarden kunnen per soort verschillen)
- TI over een periode van 4-6 dagen wordt toegepast, maar over een periode van 2 weken moet mogelijk zijn.
- Werk met lichtverhoging. In de zomer kan een dagtemperatuur tot 21°C worden toegestaan.
- De gewasstatus en het moment van levering zijn belangrijk. Temperatuur is de gaspedaal, en koude is geen doel op zich. De fase waarin potplanten en siergewassen bij levering verkeren is prijsbepalend en daarom zijn vorm en kwaliteit van het gewas zijn belangrijk. Een paars bladrandje (anthocyaan) geeft enerzijds aan dat er extra suikers beschikbaar zijn zodat er ruimte is voor temperatuurverhoging in de nacht, maar staat ook voor extra sierwaarde.
- De principes van HNT en weerbaarheid zijn leidend. In de moderne teelt is schermen om de uitstraling te verminderen belangrijk. Hierbij gaat het eigenlijk om de gewastemperatuur en niet om de omgevingstemperatuur.

## **Komkommer**

- Uitgangspunt is het telen op groei bij een laag gasverbruik. Dat begint bij het licht, waarbij goed naar het gewas gekeken moet worden. Met meer licht kan ook de temperatuur en de CO<sub>2</sub> worden verhoogd.
- De normale etmaaltemperatuur bij een onbelichte teelt is 21°C.



## Paprika

- Paprika mag niet te warm geteeld worden: 25°C, max 27°C, min 15°C.
- Aan het begin van de teelt moet er weinig TI worden toegepast. TI is met kleine temperatuurverschillen (maximaal 1 - 1.5oC) ook goed mogelijk, en hoeft niet altijd met extreme waarden. In de winter is het gevaar van compensatie met lage temperaturen na een wat warmere periode dat de ontwikkeling vertraagt, wat tot zware, grote bloemen en slechte vruchtkwaliteit leidt. Dit werkt door tot in het 2<sup>e</sup> zetsel.
- 'Gewoon een goede plant neerzetten'. Bij een jonge plant is de beworteling belangrijk. Om dit te bereiken moet er niet te veel water worden gegeven.
- Het vochtdeficiet is van invloed op de (eerste) zetting en moet daarom relatief laag worden gehouden. Dat is aan het begin van de teelt belangrijker dan TI.
- TI bij paprika kan leiden tot onregelmatigheid in zetting a.g.v. de competitie tussen vruchten.
- Er is eigenlijk nauwelijks iets bekend over langetermijn TI, en daarom alleen al moet de TI termijn kort worden gehouden. De onder- en bovengrenzen van de temperatuur zijn rasafhankelijk.
- Ten tijde van zetting moet er een iets lagere temperatuur worden aangehouden.
- Koude wordt tegengegaan met schermen en buisverwarming. Als basis: een vrij vlakke temperatuurregeling zonder te veel fluctuatie, 20/21-22°C, 2 schermen, en een buistemperatuur van 50°C om het gewas actief te houden. In de namiddag kunnen de doeken dicht om de warmte vast te houden.
- TI, met de juiste onder- en bovengrens van temperatuur, is een onderdeel van het handhaven van een goede balans waarbij licht en temperatuur in de juiste verhouding worden gehandhaafd.
- Weerbaarheid: let op het microklimaat waarin de predatoren leven.
- Let op de gewastemperatuur. Als voorbeeld: veel directe uitstraling leidt tot slechte vruchten. Daarom moet er veel worden geschermd, eventueel met folie, ook in de zomer.
- TI is nodig vanwege de energiebeperking. Maar gebruik van dubbel scherm en folie werkt ook, dus wat is er nog extra te behalen. Eventueel door extra te ontvochtigen.
- Energiebesparing mag niet ten koste gaan van de opbrengst.
- TI kan worden geïmplementeerd door de maximum buis te begrenzen op 48-50°C, en het VD hoger dan 8 g kg<sup>-1</sup> te houden zodat de temperatuur wat lager kan zijn. De piekbelasting kan worden verminderd door goed te schermen en stoken te beperken.

## Aubergine

- De eerste twee maanden wordt er vlak geteeld (20/22oC) om een stevige plant met een goed wortelstelsel te maken. Er moet een constante zetting zijn om het gewas in balans te houden. Hoe meer temperatuur hoe beter; warme nachten geven een goede vruchtgroei.
- In de winter is de minimumtemperatuur overdag 21°C, en bij de eerste knop wordt de nachttemperatuur wat verlaagd. In de zomer mag de dagtemperatuur stijgen tot 32°C (max 35oC) bij een hoge relatieve luchtvochtigheid. Om dit te bereiken worden de ramen gesloten. De nachttemperatuur in de zomer is meestal 16-17°C. Een iets lagere temperatuur levert niet direct schade op, maar wordt toch vermeden.
- Omdat een hoge luchtvochtigheid wordt nagestreefd, wat wordt bereikt door de ramen te sluiten, is er een verband tussen TI en vocht. TI van een maximaal een week kan worden toegepast.

## Matricaria

- In deze onbelichte teelt wordt met het licht mee geteeld, waarvoor een lijn bestaat.
- In de zomer wordt een etmaaltemperatuur van 20°C toegepast, maar in de winter eentje van 11/13°C, waarbij het 's nachts iets kouder kan en overdag deze lage temperatuur gecompenseerd wordt met zoveel mogelijk licht en temperatuur.
- Ook in de winter moet de lengtegroei behouden blijven, en TI mag niet ten koste gaan van de kwaliteit. Een minimaal gewicht is belangrijk.
- TI over meerdere weken is nooit geprobeerd, mogelijk is er iets uit te halen.
- Een nadeel van lagere temperaturen is dat bovengrondse biologische gewasbescherming niet toegepast kan worden. Ondergronds is e.e.a. wel mogelijk.

## 6 Discussie

### 6.1 Reflectie

De aanleiding om na te denken over de mogelijkheden van langetermijn temperatuurintegratie is het vermijden van pieken in energieverbruik. Kan er in de winter, als het een lange tijd koud is, minder energie voor verwarming worden gebruikt als dit later in het jaar, als het buiten warmer is, kan worden gecompenseerd met behulp van deze gratis warmte van buiten? Hierbij moet de term "later" ruim worden geïnterpreteerd. Aangezien in de praktijk meestal in dagen wordt gedacht, hebben we in dit verslag een minimale periode van ongeveer 2 weken gehanteerd. Maar we hebben ook compensatie tussen winter en zomer meegenomen. We hebben de vraag benaderd vanuit de optiek van het gewas. De temperatuur beïnvloedt veel fysiologische processen die zonder nadelige gevolgen wel enige tijd met elkaar uit de pas kunnen lopen, maar op een zeker moment toch weer met elkaar in balans moeten worden gebracht. We hebben deze vraag niet benaderd vanuit de optiek van het productiesysteem, waarbij bijvoorbeeld een productieverlies wordt gecompenseerd door een lagere kostenpost voor de energie. Dat biedt meer vrijheidsgraden.

Temperatuur heeft effect op een groot aantal processen in de plant, die ruwweg onder te verdelen zijn in groei (kilo's) en ontwikkeling (aantal vruchten, bloemen, bladeren). Een belangrijk gegeven is dat de effecten van temperatuur op fysiologische processen meestal niet-lineair zijn, en dat er dus een onbalans in de plant ontstaat. Het is niet mogelijk om in het geval van bijvoorbeeld vruchtgroenten ongestraft heel lang een hoge temperatuur te handhaven, waarbij de fotosynthese op een zeker moment een plateau bereikt maar waarbij er wel steeds meer vruchten of bloemen worden aangelegd. De verhouding generatief-vegetatief en de verhouding aanbod van en vraag naar assimilaten zijn niet langer optimaal. Bij bloemgewassen bestaat een grotere kans op bloemabortie als de temperatuur te veel toeneemt.

Op de korte termijn is het concept van temperatuurintegratie bij veel gewassen heel gangbaar, zo laten de literatuur en de praktijk zien. Het wordt toegepast binnen een dag, of binnen enkele dagen zonder dat de productie en productkwaliteit er veel onder te leiden hebben. Er bestaat in de meeste gevallen een flinke plasticiteit. Dit is het gevolg van het feit dat het achter- of voorlopen in de ontwikkeling door de sterke temperatuurafhankelijkheid vrij eenvoudig kan worden hersteld. En voor zover de groei door een temperatuurverandering wordt veranderd, kan een tijdelijk tekort aan assimilaten door een tijdelijk extra aanbod van assimilaten worden opgeheven. Er is als gevolg van de meestal sink-gelimiteerde groei ruimte om dat extra aanbod te verwerken. En de groeiperiode van een vrucht of bloem is hiervoor lang genoeg. Dit is overigens iets anders dan de omgekeerde situatie: een overschot aan assimilaten dat tijdelijk wordt opgeslagen om later te worden gebruikt als de vraag naar assimilaten groter is dan het aanbod ervan. De literatuur is hier niet duidelijk over; het is een interessant gegeven omdat op deze manier energie in de plant zou kunnen worden opgeslagen.

Er is echter minder bekend over de effecten op gewasgroei en -ontwikkeling als TI over een periode van enkele weken of langer wordt toegepast. Er is minder onderzoek naar gedaan, en er is minder praktijkervaring mee opgedaan. Dit laatste is het gevolg van het feit dat er in de praktijk onzekerheid heerst over de plasticiteit van het gewas, en omdat er andere manieren zijn om een piek in de warmtevraag te voorkomen. Er wordt door tuinders gewezen op het feit dat met meerdere schermen en folies tijdens koude nachten veel energie kan worden vastgehouden en er dus weinig gestookt hoeft te worden, met als voordeel dat er geen voorschot op de toekomst hoeft te worden genomen.

Bij het verkennen van grenzen moet een onderscheid worden gemaakt tussen omkeerbare en onomkeerbare processen. Omkeerbare processen zijn die welke kunnen worden hersteld door de temperatuur aan te passen (bijvoorbeeld een temperatuurverhoging na een periode van verlaging). Negatieve onomkeerbare processen moeten uiteraard worden vermeden. Een voorbeeld hiervan is de vertraagde LAI ontwikkeling bij tomaat aan het begin van het seizoen, wat tot verminderde lichtonderschepping en lagere groei leidt (Kaarsemaker & van Rijssel, 2003). Idem dito, een verlaagde opbrengst aan het einde van de teelt kan ook niet meer worden hersteld. Abortie en het doorbreken van knoprust (Buwalda, 2003) zijn andere voorbeelden van discrete processen die niet kunnen worden teruggedraaid en waar dus goed rekening mee moet worden gehouden bij het bepalen van de TI strategie.

Bij contractteelt moet er op een afgesproken datum worden geleverd, wat grenzen stelt aan een langetermijn TI. Bij potplanten worden in een bepaalde kas vaak gewassen in meerdere stadia geteeld, wat ook beperkingen oplegt.

### 6.1.1 Temperatuurintegratie en Het Nieuwe Telen

Het is belangrijk om te beseffen dat temperatuur niet op zich staat. TI kan niet los worden gezien worden van andere factoren zoals plantontwikkeling, lichtintensiteit, CO<sub>2</sub> beschikbaarheid en gewenste sturing van het gewas (Dieleman & de Zwart, 2004; de Gelder, 2003). Als de temperatuur wordt aangepast, zullen ook andere aspecten worden aangepast. Het werken met TI vereist daarom een veel bredere kijk dan temperatuur alleen. Daarnaast blijkt uit gesprekken met tuinders dat men terdege kijkt naar de risico's van andere processen dan productie, zoals wortelvorming, bloemkwaliteit, en zetting.

De aanleiding voor dit literatuuronderzoek was het feit dat een van de aspecten van Het Nieuwe Telen bestaat uit het reduceren van pieken in het energieverbruik (zie inleiding). Dit hangt nauw samen met het sturen op de verhouding licht/temperatuur. De term 'plantbalans' die hierbij wel wordt gebruikt staat voor het afstemmen van het aanbod van assimilaten (sterk lichtafhankelijk) en het aantal productieve organen met vraag naar assimilaten (temperatuurafhankelijk). In de studies in het verleden is meestal niet gekeken naar de gelijktijdige aanpassing van temperatuur en licht, wat in HNT een gangbare aanpak is. Deze studie wijst uit dat de meeste gewassen een zekere plasticiteit hebben ten aanzien van temperatuurfluctuaties op zich (dus zonder aanpassing van het lichtniveau). Dit heeft HNT versterkt door het te combineren met verandering van het lichtniveau. Zo is temperatuurintegratie opgegaan in HNT. Blijft staan dat er grenzen zijn aan de mate waarin de temperatuur gevarieerd kan worden. Op de korte termijn is veel mogelijk. Dat was al zo in geval van temperatuurintegratie op zich, en zeker in geval van HNT. Op de lange termijn blijven er grenzen bestaan.

Temperatuurintegratie hangt verder nauw samen met het beheersen van de vochtthuishouding. Een vochtige lucht kan ziekten bevorderen en met de afnemende beschikbaarheid van gewasbeschermingsmiddelen wordt het steeds belangrijker om ziekten door middel van het klimaat te beheersen. Bij HNT wordt er op momenten van warmte en zon bevochtigd en op momenten van koude ontvochtigd, waarbij ook nog eens warmte wordt teruggewonnen. Er is een betere afstemming gekomen tussen beheersing van vocht en temperatuur. Maar dit is op de relatief korte termijn (dag en nacht), terwijl temperatuurintegratie over een langere termijn kan gaan. De uitkomst is dat korte- en langetermijn temperatuurintegratie worden gecombineerd. Kortetermijn temperatuurintegratie is afgestemd met het beheersen van de vochtthuishouding, terwijl de langetermijn temperatuurintegratie richt zich op de langetermijn plasticiteit van het gewas.

## 6.2 Toekomstperspectieven

In tabel 6.1 zijn de situatie ten aanzien van kennis en toepassing van korte- en langetermijn TI, en de toekomstperspectieven van langetermijn TI samengevat. De tuinders vatten de situatie tijdens de workshop op de volgende manier samen: de temperatuur van vruchtgroenten moeten binnen een week worden gecompenseerd en die van potplanten binnen 1,5 tot 2 weken. Hieraan kan worden toegevoegd dat er voor potplanten met leveringsmoment dat ver na de plantdatum ligt, zeker mogelijkheden zijn om de temperatuur in de loop van het jaar te variëren.

Voor tomaat is gevonden (de Koning, 1990) dat 3-weekse TI geen gevolgen voor de ontwikkelingssnelheid had, en tot minimale gewichtsverschillen leidde. Voor paprika zou de ruimte 300 h°C (graaduren) zijn (van den Berkmontel, 2004). Toch wordt voor vruchtgroenten door tuinders langetermijn TI niet aanbevolen omdat met beducht is voor onregelmatigheden, in het geval van paprika bijvoorbeeld voor wat betreft zetting.

Voor andere groentegewassen bestaat er niet veel kennis over langetermijn TI. Alleen voor courgette is geconstateerd dat een lange periode van lage/hoge temperatuur tot nauwelijks/meer mannelijke bloemen leidde. Een duidelijke positieve uitzondering is een gewas als koolrabi met een duidelijk opslagorgaan voor zetmeel. Dit biedt veel mogelijkheden voor TI. Maar al met al bestaat er niet veel experimentele kennis over langetermijn TI bij andere groentegewassen, zodat het om deze reden niet met een gerust hart kan worden aanbevolen.

In het geval van groene potplanten kon alleen literatuur over *Zamioculcas* over langetermijn TI worden gevonden, waarin melding werd gemaakt van verlaagde setpoints in de winter in combinatie met hogere zomertemperaturen en een vroeger vallende verkoopdatum (Balk *et al.* 2019). Uit de literatuur over kortetermijn TI kon niet veel worden afgeleid. De praktijk ziet TI tot 2 weken als haalbaar; het langer proberen zou het proberen waard zijn.

Bloeiende potplanten met verschillende groeifasen kennen goede mogelijkheden voor langetermijn TI. In het geval van gewassen met een lange teeltduur kan de achterstand die in de ene fase in de winter wordt opgelopen in een andere fase in de zomer worden ingelopen. Hierbij moet natuurlijk wel worden gelet op het behoud van kwaliteit en de juiste afleverdatum. Voorbeelden zijn poinsettia en bromelia (en cymbidium en amaryllis voor snijbloemen) (zie hoofdstuk 5 voor details). Experimentele resultaten (van Noort *et al.* 2013) wijzen er bijvoorbeeld op dat langetermijn TI bij anthurium en bromelia mogelijk is. In de praktijk kan in zomerperiode een voorsprong worden gerealiseerd (teeltversnelling door meer licht toe te laten of eerder oppotten) zodat voor winterseizoen grotere plant klaar staat en in winterperiode groeivertraging door lagere temperatuur geaccepteerd kan worden en op zelfde tijdstip planten van gewenste grootte afgeleverd kunnen worden.

Bij korte teelten zoals bijvoorbeeld potchrysant kan de leverdatum vertraging oplopen als niet binnen de teeltduur gecompenseerd kan worden, wat in het geval van afspraken als bij contracteelt niet gewenst is. Het kan ook leiden tot stagnatie binnen het bedrijf als de planning van ruimte en arbeid niet kan worden gerealiseerd. Er zijn aan de andere kant ook bedrijven die iedere week nieuwe planten oppotten en steeds meerdere stadia in een kas hebben staan. Dit biedt mogelijkheden om rekening te houden met variatie in de planning. Rekenmodellen die deze processen beschrijven kunnen een hulpmiddel zijn om de teelt te plannen.

In het geval van snijbloemen is langetermijn TI riskant, omdat de kwaliteit van het oogstbaar product er te lijden kan hebben (bijvoorbeeld een afwijkende stengelmaat). Bij roos is het bijvoorbeeld daarnaast ook belangrijk om de minimumtemperatuur in de gaten te houden. Zo krijgt Red Naomi zwarte knoppen als temperatuur onder de 12/14°C zakt (genoemd tijdens workshop). Het kwaliteitsaspect bij snijbloemen is dusdanig belangrijk dat hier weinig ruimte voor compromis is. Een uitzondering hierop zijn de snijbloemen met opslagorganen die eenmalig worden geoogst (bijvoorbeeld cymbidium en amaryllis). Hier is de flexibiliteit groter.

Een belangrijke kanttekening blijft echter de vraag of de noodzaak om energie in koude perioden te gebruiken niet kan worden opgelost zonder dat er risico's worden genomen met fysiologische processen. Schermen en folies kunnen door goed gebruik veel warmte vasthouden en de noodzaak tot accepteren van een lage temperatuur verminderen. Het Nieuwe Telen zorgt door het handhaven van een goede balans tussen licht en temperatuur voor een deel al voor het verminderen van fysiologische risico's en daarmee voor een beter gebruik maken van de speelruimte die het gewas en de kas bieden.

Een van de aspecten van het nieuwe telen is dat met schermen de uitstraling wordt tegengegaan, wat gunstig is voor de gewasontwikkeling en groei. Het levert een vermindering van de fysiologische risico's, en daarbij zorgt het schermen tegen uitstraling ervoor dat de grootste koudedalen werden weggenomen, bijvoorbeeld in de vroege ochtend. Dit past goed bij TI omdat er minder gecompenseerd hoeft te worden, wat tot meer ruimte voor TI leidt. Omdat er een kleiner tekort aan temperatuursom op een ander moment met een hoge temperatuur gecompenseerd hoeft te worden, kan dit makkelijker over een langere tijd uitgesmeerd worden. Er is geen proefondervindelijk bewijs, maar het lijkt aannemelijk dat een gewas beter kan omgaan met bijvoorbeeld een periode van een week met 1°C extra dan een week met 2°C extra. Samengevat: de behoefte is kleiner, maar de mogelijkheden zijn ruimer. Hierbij blijft het belangrijk om te realiseren dat TI nog steeds nodig is, want er blijven natuurlijk koude en warme periodes.

TI is ook bedoeld om warme periodes met koude periodes te compenseren. In deze gevallen is TI een duidelijke ondersteuning van HNT. Omdat er via ventilatie CO<sub>2</sub> verloren gaat en actief koelen energie kost, is het aantrekkelijk om gebruik te maken van een latere (of eerdere, als men van weersvoorspellingen uit durft te gaan) koudeperiodes.

Door schermen tegen uitstraling zal het risico op schade door verstoring van fysiologische processen juist kleiner worden, wat de risico's van het gebruik van TI in combinatie met HNT verkleint. In dit opzicht gaan TI en HNT prima samen. Als de basis een goede en constante verhouding tussen lichtsom en etmaaltemperatuur is, kan TI aanvullend zijn op HNT door een dag met warmtetekort binnen de termijn van een paar dagen te kunnen compenseren.

Tabel 6.1

*Samenvatting van de situatie ten aanzien van kennis en toepassing van zowel korte- als langetermijn TI, en de toekomstperspectieven van langetermijn temperatuurintegratie.*

Gewasgroep	Situatie kortetermijn TI	Situatie langetermijn TI	Toekomstperspectieven voor langetermijn TI
Groentegewassen - vruchtgroenten	Veel toegepast. Veel kennis.	Wordt niet toegepast, beperkt kennis. Problemen met LAI opbouw aan begin van de teelt.	Niet aanbevolen.
Groentegewassen - andere	Veel toegepast. Veel kennis.	Wordt niet toegepast, beperkt kennis. Wordt wel toegepast bij een gewas als koolrabi met opslagorgaan.	Niet aanbevolen, m.u.v. van een gewas als koolrabi.
Groene potplanten	Wordt toegepast. Kennis aanwezig.	Geen literatuur gevonden	Onduidelijk.
Bloeiende potplanten	Wordt toegepast. Kennis aanwezig. Wees alert op vertraging/versnelling van bloei.	Wordt veel toegepast, zeker als het leveringsmoment na een lange groeiperiode valt.	Aanbevolen, in veel gevallen goed mogelijk.
Snijbloemen	Bij veel gewassen toegepast. Voor roos veel kennis.	Roos: effecten op steellengte.  Eenmalige oogst	Niet aanbevolen vanwege nadelig effect op de kwaliteit.  Flexibiliteit

# Literatuur

## Literatuurlijst

- Adams, S. R., Valdés, V. M., & Fuller, D. (2009).  
The effects of day and night temperature on chrysanthemum morifolium: Investigating the safe limits for temperature integration. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84(6), 604–608. <http://doi.org/10.1080/14620316.2009.11512573>
- Adams, S. R., Valdés, V. M., Langton, F. A., & Hamer, P. J. C. (2011).  
Reducing carbon emissions from greenhouse production through the use of temperature integration and alternative sources of heat. *Acta Horticulturae*, 893, 95–102.
- Aloni, B., Pressman, E., & Karni, L. (1999).  
The effect of fruit load, defoliation and night temperature on the morphology of pepper flowers and on fruit shape. *Annals of Botany*, 83(5), 529–534. <http://doi.org/10.1006/anbo.1999.0852>
- Baas, R., Doorduyn, J., & Kromwijk, A. (2004).  
Energiebesparing amaryllis (*Hippeastrum*). *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 41604809, 1–33.
- Baas, R., & Warmenhoven, M. (2003).  
Planttemperatuur in relatie tot omgevingsfactoren: metingen voor mogelijke toepassing in klimaatregeling. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 41600067, 1–28.
- Bakker, J.C. & van Uffelen, J.A.M. (1998).  
The effect of diurnal temperature regimes on growth and yield of glasshouse sweet pepper. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 36(3), 201–208.
- Balk, T.M., Helmus-Schuddebeurs, L, Burg, R. van der & Rooij, E. de, 2019.  
Een lager energieverbruik in potplanten. Pilot gewas: *Zamioculcus*. Delphy, Bleiswijk.
- Benninga, J., van Noort, F., & Kempkes, F. (2005).  
Het economisch perspectief van energiebesparing door het aanhouden van lagere stooktemperaturen bij potplanten. *Rapport WUR LEI*, 4008100, 1–52.
- Beer, de, 1996,  
Invloed van DIF en etmaaltemperatuur op de groei en ontwikkeling van enkele groene potplanten. Rapport nr. 44 Proeftuin Lent / Proeftuin Zuid-Nederland.
- Berkmontel van den, H., 2004,  
Gewas gaat flexibel om met variaties in temperatuur, *Onder Glas*, nr. 1 2004, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving Glastuinbouw, Naaldwijk.
- Berry, J. A., & Raison, J. K. (1981).  
Responses of Macrophytes to Temperature. In *Physiological Plant Ecology I* (pp. 277–338). [http://doi.org/10.1007/978-3-642-68090-8\\_11](http://doi.org/10.1007/978-3-642-68090-8_11)
- Björkman, O., & Badger, M. (1979).  
Time course of thermal acclimation of the photosynthetic apparatus in *Nerium oleander*. In *Annual report of the director department of plant biology* (pp. 145–148).
- Blanchard, M. G., Runkle, E. S., & Frantz, J. M. (2011).  
Energy-efficient greenhouse production of petunia and tagetes by manipulation of temperature and photosynthetic daily light integral. *Acta Horticulturae*, 893, 857–864.
- Blázquez, M. A., Ahn, J. H., & Weigel, D. (2003).  
A thermosensory pathway controlling flowering time in *Arabidopsis thaliana*. *Nature Genetics*, 33(2), 168–171. <http://doi.org/10.1038/ng1085>
- Bot, G., Dieleman, A., Heusden, S. Van, Heuvelink, E., Lindhout, P., & Marcelis, L. (2004).  
Visie op de rol van veredelingsonderzoek in de ontwikkeling van nieuwe rassen voor veranderende kasomstandigheden. *Rapport WUR Agrotechnology & Food Innovations*, 1–58.
- Bouché, F., Lobet, G., Tocquin, P., & Périlleux, C. (2016).  
FLOR-ID: An interactive database of flowering-time gene networks in *Arabidopsis thaliana*. *Nucleic Acids Research*, 44(D1), D1167–D1171. <http://doi.org/10.1093/nar/gkv1054>
- Buwalda, F. (2003).  
Grenswaarden voor temperatuurintegratie: een definitiestudie. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, GT 12053, 1–30.



- Buwalda, F. (2004a). Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen - deelverslag 5. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 41505074-4(December), 1-17.
- Buwalda, F. (2004b). Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen - temperatuurverloop, energieverbruik en overzicht teeltresultaten. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 41505074-4, 1-17.
- Buwalda, F. (2004c). Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen - toetsing van een dynamisch gewasmodel voor groei, ontwikkeling en sierwaarde Kalanchoe. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 41505074-4, 1-29.
- Buwalda, F., De Zwart, F., Van Henten, E., De Gelder, A., Hemming, J., Bontsema, J., ... Van der Mark, C. (2009). Energiezuinige teeltsturing bij paprika. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 238, 1-52.
- Buwalda, F., Eveleens, B., & Wertwijn, R. (1999a). Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen - een inventarisatie van kritische processen bij zes sierteeltgewassen. *Rapport Proefstation Voor Bloemisterij En Glasgroente*, 119(1-73).
- Buwalda, F., Eveleens, B., & Wertwijn, R. (1999b). Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen - effecten van lichtniveau, temperatuurniveau en wachttijd op de integratiecapaciteit van Ficus, Kalanchoe, Gerbera en roos. *Rapport Proefstation Voor Bloemisterij En Glasgroente*, 120, 1-102.
- Buwalda, F. (1999). Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen - literatuuroverzicht. *Rapport Proefstation Voor Bloemisterij En Glasgroente*, 118, 74.
- Buwalda, F., Eveleens, B., & Wertwijn, R. (2000). Ornamental crops tolerate large temperature fluctuations: A potential for more efficient greenhouse heating strategies. *Acta Horticulturae*.
- Buwalda, F., Haghuis, P., Kempen, J., van Gurp, H., Bouten, P., & Baas, R. (2003). Integratie van gewasontwikkeling in kasklimaatregeling bij vruchtgroenten. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 425073, 1-44.
- Buwalda, F., Jilesen, C., & de Gelder, A. (2004). Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen - experimenten potplanten Horst 2002-2003. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 41505074-2, 1-52.
- Buwalda, F., Kempkes, F., Pronk, A., Dieleman, A., Janse, J., & Heij, G. (2007). Temperatuurverlaging in de ochtend. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 472, 1-128.
- Buwalda, F., Rijdsdijk, A. A., Vogelesang, J. V. M., Hattendorf, A., & Batta, L. G. G. (1999). An energy efficient heating strategy for cut rose production based on crop tolerance to temperature fluctuations. *Acta Horticulturae*.
- Buwalda, F., Van Noort, F., Houter, B., Benninga, J., & De Rooij, E. (2012). Energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten: een rekenplatform voor energie-efficiënte scenario's in de Poinsettiateelt. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 1167, 1-56.
- Buwalda, F., van Noort, F., Houter, B., Benninga, J., Dijkstra, T., & de Rooij, E. (2012). Energiezuinige teeltplanning voor potplanten - een rekenplatform voor energie-efficiënte scenario's in de Hortensiateelt. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 1166, 1-64.
- Chang, X., Alderson, P. G., & Wright, C. J. (2005). Effect of temperature integration on the growth and volatile oil content of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(5), 593-598. <http://doi.org/10.1080/14620316.2005.11511983>
- Cockshull, K. E., Hand, D. W., & Langton, F. A. (1981). The effects of day and night temperature on flower initiation and development in chrysanthemum. *Acta Horticulturae*, 125, 101-110.
- Cockshull, K. E., & Kofranek, A. M. (1994). High night temperatures delay flowering, produce abnormal flowers and retard stem growth of cut-flower chrysanthemums. *Scientia Horticulturae*, 56(3), 217-234. [http://doi.org/10.1016/0304-4238\(94\)90004-3](http://doi.org/10.1016/0304-4238(94)90004-3)
- Corsten, R., Dankers, P., Roelofs, T., & Veld, P. De. (2011). Onderzoek lage temperatuur tolerantie bij snijchrysant. *Rapport DLV Plant*, 14154, 1-74.



- de Gelder, A. (2003).  
Benadering van temperatuurgrenzen bij temperatuurintegratie. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 420027, 1–18.
- de Gelder, A., Poot, E. H., Dieleman, J. A., & De Zwart, H. F. (2012).  
A concept for reduced energy demand of greenhouses: The next generation greenhouse cultivation in the Netherlands. *Acta Horticulturae*, 952(2005), 539–544. <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.952.68>
- de Koning, A. N. M. (1990).  
Long-term temperature integration of tomato. Growth and development under alternating temperature regimes. *Scientia Horticulturae*, 45(1–2), 117–127. [http://doi.org/10.1016/0304-4238\(90\)90074-O](http://doi.org/10.1016/0304-4238(90)90074-O)
- de Koning, A. N. M. (1992).  
Effect of temperature on development rate and length increase of tomato, cucumber and sweet pepper. *Acta Horticulturae*, 305, 51–55.
- de Koning, A. N. M. (1994).  
*Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach.*
- de Koning, A. N. M. (1996).  
Quantifying the responses to temperature of different plant processes involved in growth and development of glasshouse tomato. In *IFAC/ISHS Workshop: Mathematical and control applications in agriculture and horticulture* (pp. 99–104).
- de Zwart, H. F., & Dieleman, J. A. (2003).  
Energiebesparing bij belichte rozen middels verlaging van de teelttemperatuur. *Rapport WUR Plant Research International*, 271, 1–15.
- den Belder, E., & Elings, A. (2007).  
A Research and Development plan for the introduction of Integrated Pest Management in the Ethiopian Rose Sector. *Rapport WUR Plant Research International*.
- Dieleman, A., Janse, J., Gelder, A. De, Kempkes, F., Visser, P. De, Lagas, P., Meinen, E., Warmenhoven, M. & Elings, A. (2015).  
Tomaten belichten met minder elektriciteit. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 1338, 1–76.
- Dieleman, A., Kempkes, F., Stanghellini, C., Elings, A., Gelder, A. De, Meinen, E., & Heij, G. (2007).  
Wanneer planten, wanneer een teelt beëindigen? *Rapport WUR Glastuinbouw*, 464.
- Dieleman, J.A., en E. Meinen, 2007.  
Interacting effects of temperature integration and light intensity on growth and development of single-stemmed cut rose plants. *Scientia Hort.* 113: 182-187.
- Dieleman, A., Meinen, E., Warmenhoven, M., Steenhuizen, J., Uenk, D., Chizhmak, S., & de Visser, P. (2007).  
Efficiëntie van groeilicht gedurende het etmaal. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 102.
- Dieleman, A., Raaijmakers, E., & Meinen, E. (2005).  
Temperatuuronderzoek bij tomaat, Effect van een tijdelijke temperatuurverlaging (DROP) op groei, ontwikkeling en productie. *Rapport WUR Plant Research International*, Nota 360.
- Dieleman, J. A., & de Zwart, H. F. (2004).  
Optimaal besturen van temperatuur en CO<sub>2</sub> op basis van fotosynthese en energie. *Rapport WUR Plant Research International*.
- Dieleman, J.A., E. Meinen, L.F.M. Marcelis, H.F. de Zwart, en E.J. van Henten, 2005.  
Optimisation of CO<sub>2</sub> and temperature in terms of crop growth and energy use. *Acta Hort.* 691: 149-154.
- Dieleman, J. A., & Hemming, S. (2011).  
Energy saving: from engineering to crop management. *Acta Horticulturae*, 893, 65–74.
- Dieleman, J. A., Kempkes, F. L. K., & Janse, J. (2011).  
Het Nieuwe Telen Aubergine - effecten van een nieuw teeltconcept op kasklimaat en energiegebruik. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 1076, 1–40. Retrieved from [https://www.kasalsenergiebron.nl/content/docs/Het\\_Nieuwe\\_Telen/De\\_basisprincipes\\_van\\_Het\\_Nieuwe\\_Telen.pdf](https://www.kasalsenergiebron.nl/content/docs/Het_Nieuwe_Telen/De_basisprincipes_van_Het_Nieuwe_Telen.pdf)
- Dieleman, J. A., Meinen, E., & Dueck, T. A. (2005).  
Effects of temperature integration on growth and development of roses. *Acta Horticulturae*, 691, 51–58. <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.691.3>
- Dieleman, J. A., Meinen, E., Trouwborst, G., & Marcelis, L. F. M. (2003).  
Temperatuurintegratie bij roos. *Rapport WUR Plant Research International*, 279, 1–38.
- Dijkshoorn-Dekker, M. W. C. (2000).  
Teeltadviezen DIF en kouval voor pot- en perkplanten. *Rapport Proefstation Voor Bloemisterij En Glasgroente*, 242, 1–19.

- Dijkshoorn-Dekker, M. W. C. (2002).  
*Crop Quality control System - a tool to control the visual quality of pot plants.*
- Driedonks, N.J.W. (2018).  
 From flower to fruit in the heat. Reproductive thermotolerance in tomato and its wild relatives. PhD thesis Wageningen UR.
- Dueck, T., Baas, R., Kromwijk, A., Campen, J., & van Noort, F. (2011).  
 Energiezuinig teeltconcept Phalaenopsis. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 1068, 1–40.
- Elings, A., de Zwart, F., Janse, J., Buwalda, F., & Marcelis, L. (2006a).  
 Flexibele meerdaagse temperatuurstelling op basis van de assimilatenbalans van het gewas. *Rapport WUR Plant Research International*, 383, 1–74.
- Elings, A., H.F. de Zwart, J. Janse, L.F.M. Marcelis, en F. Buwalda, (2006b).  
 Multiple-day temperature settings on the basis of the assimilate balance: a simulation study. *Acta Horticulturae* 718: 219-226.
- Elings, A., & Janse, J. (2017).  
 Energiebesparing door bladpluk bij komkommer: experiment 2016. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 1451, 1–72.
- Elings, A., Kempkes, F. L. K., Kaarsemaker, R. C., Ruijs, M. N. A., Van De Braak, N. J., & Dueck, T. A. (2005).  
 The energy balance and energy-saving measures in greenhouse tomato cultivation. *Acta Horticulturae*, 691, 67–74. <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.691.5>
- Farquhar, G. D., von Caemmerer, S., & Berry, J. A. (1980).  
 A biochemical model of photosynthetic CO<sub>2</sub> assimilation in leaves of C3 species. *Planta*, 149, 78–90. <http://doi.org/10.1007/BF00386231>
- Fink, M. (2013).  
 Effects of Short-Term Temperature Fluctuations on Plant Growth and Conclusions for Short-Term Temperature Optimization in Greenhouses. *Acta Horticulturae* 328, 147-154. <http://doi.org/10.17660/actahortic.1993.328.12>
- Gangappa, S. N., & Kumar, S. V. (2017).  
 DET1 and HY5 Control PIF4-Mediated Thermosensory Elongation Growth through Distinct Mechanisms. *Cell Reports*, 18(2), 344–351. <http://doi.org/10.1016/j.celrep.2016.12.046>
- García, N., de Zwart, F., & Labrie, C. (2010).  
 Het Nieuwe Telen Anthurium - ontwerpen en doorrekenen van een energiezuinig teeltconcept. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 1056, 1–46.
- García, N., & Warmenhoven, M. (2005).  
 Beproeving op praktijkniveau van een geïntegreerd temperatuursysteem bij Bromelia. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 41717088.
- Grashoff, C., Raaphorst, M. G. M., Kempen, J. W. M., Janse, J., Dieleman, J. A., & Marcelis, L. F. M. (2004).  
 Temperatuurintegratie kleine gewassen. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 307.
- Hao, X., Borhan, M. S., & Zheng, J. (2008).  
 Effects of Temperature Integration Regimes With Low Pre-Night Temperatures on Energy Consumption, Microclimate, and Fruit Yield in Early Greenhouse Tomato Production. *Acta Horticulturae*, (801), 473–478. <http://doi.org/10.17660/actahortic.2008.801.51>
- Hao, X., Zheng, J., & Little, C. (2015).  
 Dynamic temperature integration with temperature drop to improve early fruit yield and energy efficiency in greenhouse cucumber production. *Acta Horticulturae*, 1107, 127–132. <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1107.17>
- Heij, G., Kersten, M., & Messelink, G. (2004).  
 Integratie van energiebesparende maatregelen in de paprikateelt. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, GT12026, 1–51.
- Heuvelink, E., 1994.  
 Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in a greenhouse. *Scientia Horticulturae* 61: 77-99.
- Heuvelink, E. (1995).  
 Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in a greenhouse. *Scientia Horticulturae*, 61(1–2), 77–99. [http://doi.org/10.1016/0304-4238\(94\)00729-Y](http://doi.org/10.1016/0304-4238(94)00729-Y)
- Hogewoning, S. W., Trouwborst, G., Sloopweg, G., van Aanholt, J. T. M., Kok, B. J., van Baar, P. H., ... Rappoldt, C. (2015).  
 Belichting en CO<sub>2</sub> in de lelieteelt : een strategie voor energiebesparing. *Rapport Plant Lighting B.V.*

- Hurd, R. G., & Graves, C. J. (1984).  
The Influence of Different Temperature Patterns Having the Same Integral on the Earliness and Yield of Tomatoes. *Acta Horticulturae*. <http://doi.org/10.17660/actahortic.1984.148.69>
- Janse, J., Rijpsma, E., & Raapohorst, M. (2003).  
Energiebesparing en vermindering van pieken in gasafname bij gewassen met een lage energiebehoefte. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 41704628, 1–44.
- Kaarsemaker, R., & van Rijssel, E. (2003).  
Temperatuurgrenzen bij tomaat. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 41705084, 1–23.
- Karlsson, M. G., & Heins, R. D. (1992).  
Chrysanthemum dry matter partitioning patterns along irradiance and temperature gradients. *Canadian Journal of Plant Science*, 72(1), 307–316. <http://doi.org/10.4141/cjps92-036>
- Khanal, B., Suthaparan, A., Hückstädt, A. B., Wold, A. B., Mortensen, L., & Gislerød, H. R. (2013).  
The Effect of High Day and Low Night Temperature on Pollen Production, Pollen Germination and Postharvest Quality of Tomatoes. *American Journal of Plant Sciences*, 04(07), 19–25. <http://doi.org/10.4236/ajps.2013.47a1003>
- Kok, H., Slootweg, C., & Wildschut, J. (n.d.).  
Energiebesparing in de broei van lelies. *Verslag*.
- Körner, C., & Hiltbrunner, E. (2018).  
The 90 ways to describe plant temperature. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 30(March 2017), 16–21. <http://doi.org/10.1016/j.ppees.2017.04.004>
- Körner, O., & Challa, H. (2003).  
Temperature integration and DIF in cut chrysanthemum. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 78(3), 335–342. <http://doi.org/10.1080/14620316.2003.11511628>
- Körner, O., & Challa, H. (2004).  
Temperature integration and process-based humidity control in chrysanthemum. *Computers and Electronics in Agriculture*, 43(1), 1–21. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2003.08.003>
- Kromwijk, A. (2003).  
Voorkomen van voortakken bij Phalaenopsis. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 12050, 1–39.
- Kromwijk, A. (2008).  
Effect dag-/nachttemperatuur tijdens opkweek en effect CO<sub>2</sub> tijdens afkweek van Phalaenopsis. *Rapport WUR G*, 540, 1–60.
- Kromwijk, A., de Zwart, F., Eveleens, B., van Baar, P. H., Grootcholten, M., & Overkleef, J. (2015).  
Hoog isolerend schermen in amaryllis (*Hippeastrum*). *Rapport WUR Glastuinbouw*, 1358, 1–44.
- Kromwijk, A., Mourik, N. Van, & Schrama, P. (2007).  
Invloed temperatuur in winter bij vroegbloeiende Cymbidium. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 41717091, 1–77.
- Kromwijk, A., Mourik, N. Van, Schrama, P., Telgen, J. Van, Plant, P., & Omgeving, B. V. (2004).  
Invloed temperatuur op bloei Cymbidium. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 41705134/4, 1–62.
- Kromwijk, A., Raaphorst, M., Mourik, N. Van, & Schrama, P. (2010).  
Effect van CO<sub>2</sub>-dosering bij Cymbidium - effect op productie en kwaliteit en economische evaluatie. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 1035, 1–44.
- Kromwijk, A., Steenbergen, P., Schrama, P., van Leeuwen, F., & van den Broek, G. (2007).  
Energiebesparing poinsettia 2006-2007 - teelt bij lage temperatuur en 2 RV niveaus incl. houdbaarheidstest. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 3242007600(november).
- Kromwijk, A., Eveleens, B., van Mourik, N., (2013).  
Effect van Zomerklimaat bij Cymbidium. *Rapport WUR Glastuinbouw* 1227.
- Labrie, C., & De Zwart, F. (2012).  
Energy efficient climate control for cut flower alstroemeria. *Acta Horticulturae*, 927, 581–588.
- Langton, F. A., & Horridge, J. S. (2006).  
The effects of averaging sub- and supra-optimal temperatures on the flowering of Chrysanthemum morifolium. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(3), 335–340. <http://doi.org/10.1080/14620316.2006.11512070>
- Larsen, R. U., & Persson, L. (1999).  
Modelling flower development in greenhouse chrysanthemum cultivars in relation to temperature and response group. *Scientia Horticulturae*, 80(1–2), 73–89. [http://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00219-2](http://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00219-2)

- Leeuwen, G. van (1993).  
Temperatuurregime beïnvloedt scheutlengte. Vakblad voor de bloemisterij 3, p. 46-47.
- Liebig, H. P. (2015).  
Temperature integration by kohlrabi growth. *Acta Horticulturae*. <http://doi.org/10.17660/actahortic.1989.248.33>
- Lopez, R.G., and Runkle, E.S., (2005).  
Environmental Physiology of Growth and Flowering of Orchids. *HortScience* 40(7): 1969-1973.
- Lorenzo, C. D., Sanchez-Lamas, M., Antonietti, M. S., & Cerdán, P. D. (2016).  
Emerging Hubs in Plant Light and Temperature Signaling. *Photochemistry and Photobiology*, 92(1), 3-13.  
<http://doi.org/10.1111/php.12535>
- Marcelis, L. (1994).  
*Fruit growth and dry matter partitioning in cucumber. Dissertation Wageningen University.*
- Marcelis, L. F. M. (1993a).  
Effect of assimilate supply on the growth of individual cucumber fruits. *Physiologia Plantarum*, 87(3), 313-320. <http://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1993.tb01736.x>
- Marcelis, L. F. M. (1993b).  
Fruit growth and biomass allocation to the fruits in cucumber. 1. Effect of fruit load and temperature. *Scientia Horticulturae*, 54(2), 107-121. [http://doi.org/10.1016/0304-4238\(93\)90059-Y](http://doi.org/10.1016/0304-4238(93)90059-Y)
- Mortensen, L. M. (2014).  
The Effect of Air Temperature on Growth of Eight Herb Species. *American Journal of Plant Sciences*, 05(11), 1542-1546. <http://doi.org/10.4236/ajps.2014.511168>
- Myster, J., & Moe, R. (1995).  
Effect of diurnal temperature alternations on plant morphology in some greenhouse crops-a mini review. *Scientia Horticulturae*, 62(4), 205-215. [http://doi.org/10.1016/0304-4238\(95\)00783-P](http://doi.org/10.1016/0304-4238(95)00783-P)
- Noort, F. Van, Snel, J., Warmenhoven, M., Meinen, E., Steenhuizen, J., Kempkes, F., & Marcelis, L. (2014).  
'Grip op licht' bij Phalaenopsis. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 1327, 1-68.
- Papadopoulos, A. P., & Hao, X. (2001).  
Effects of day and night air temperature on growth, productivity and energy use of long English cucumber. *Canadian Journal of Plant Science*, 80(1), 143-150. <http://doi.org/10.4141/p99-021>
- Penning de Vries, F. W. T. P., Brunsting, A. H. M., & Van Laar, H. H. (1974).  
Products, requirements and efficiency of biosynthesis a quantitative approach. *Journal of Theoretical Biology*, 45(2), 339-377. [http://doi.org/10.1016/0022-5193\(74\)90119-2](http://doi.org/10.1016/0022-5193(74)90119-2)
- Pollet, B., Steppe, K., Dambre, P., Van Labeke, M. C., & Lemeur, R. (2009).  
Temperature integration of Hedera helix L.: Quality aspects and growth response. *Scientia Horticulturae*, 120(1), 89-95. <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.10.001>
- Qian, T., Elings, A., Dieleman, J. A., Gort, G., & Marcelis, L. F. M. (2012).  
Estimation of photosynthesis parameters for a modified Farquhar-von Caemmerer-Berry model using simultaneous estimation method and nonlinear mixed effects model. *Environmental and Experimental Botany*, 82, 66-73. <http://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.03.014>
- Raaphorst, M., Kempkes, F., Elings, A., & Dieleman, A. (2007).  
Energiezuinige teeltstrategie in voorjaar en zomer. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 32420024, 1-54.
- Rijsdijk, A. A., Vogelesang, J. V. M., Leeuwen, G. J. L. van, Noort, F. Van, Heij, G., Mulderij, G. E., de Hoog, J & Jasperse, H. (1998).  
Temperatuurintegratie op etmaalbasis - onderzoek op PBG en praktijkbedrijven bij potplanten, roos en paprika. *Rapport Proefstation Voor Bloemisterij En Glasgroente*, 135, 1-73.
- Rijsdijk, A., & Vogelzang, J. V. M. (2000).  
Temperature Intergration on a 24-hour Base: more efficient climate control strategy. *Acta Horticulture*.
- Ritchie, J. T., & Nesmith, D. S. (1991).  
Temperature and Crop Development, (31), 5-29. <http://doi.org/10.2134/agronmonogr31.c2>
- Rylski, I. (1984)  
Capsicum. In: CRC Handbook of flowering, Boca Raton, Fla., pp. 140-146.
- Savvides, A., van Ieperen, W., Dieleman, J. A., & Marcelis, L. F. M. (2013).  
Meristem temperature substantially deviates from air temperature even in moderate environments: Is the magnitude of this deviation species-specific? *Plant, Cell and Environment*, 36(11), 1950-1960. <http://doi.org/10.1111/pce.12101>

- Schapendonk, A., & Kromwijk, A. (2005).  
Effecten van temperatuur op de fotosynthese van *Cymbidium*. *Rapport Plant Dynamics B.V.*, 417–17091, 1–16.
- Seaton, D. D., Smith, R. W., Song, Y. H., MacGregor, D. R., Stewart, K., Steel, G., ... Halliday, K. J. (2015).  
Linked circadian outputs control elongation growth and flowering in response to photoperiod and temperature. *Molecular Systems Biology*, 11(1), 776–776. <http://doi.org/10.15252/msb.20145766>
- Smaal, A. (2005).  
Rassen moeten bij lage en bij normale temperatuur groeien. *Onder Glas*, 11, 60–61.
- Straver, N., Houter, B., Garcia, N., Raaphorst, M., & Baas, R. (2004).  
Temperatuurgevoeligheid van *Guzmania* en *Vriesea* na de bloei-inductie. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 41616022(november), 1–37.
- Thines, B. C., Youn, Y., Duarte, M. I., & Harmon, F. G. (2014).  
The time of day effects of warm temperature on flowering time involve PIF4 and PIF5. *Journal of Experimental Botany*, 65(4), 1141–1151. <http://doi.org/10.1093/jxb/ert487>
- Truffault, V., Fifel, F., Longuenesse, J. J., Vercambre, G., Le Quilic, S., & Gautier, H. (2015).  
Impact of temperature integration under greenhouse on energy use efficiency, plant growth and development and tomato fruit quality depending on cultivar rootstock combination. *Acta Horticulturae*, 1099, 95–100. <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1099.7>
- Turnbull, C. (2011).  
Long-distance regulation of flowering time. *Journal of Experimental Botany*, 62(13), 4399–4413. <http://doi.org/10.1093/jxb/err191>
- Ueber, E., & Hendriks, L. (1992).  
Effects of intensity, duration and timing of a temperature drop on the growth and flowering of *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch. *Acta Horticulturae*, 327, 33–40.
- van de Gulik, T., Kok, M., & Verberkt, H. (2011).  
Het nieuwe telen tulp. *Rapport DLV Plant*, 14234, 1–38.
- van der Helm, F., van Weel, P., Kromwijk, A., de Zwart, F., García, N., & Pronk, H. (2014).  
Beheersing luchtvochtigheid in Freesia en Anjer. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 1289, 1–96.
- van der Ploeg, A., & Heuvelink, E. (2005).  
Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: A review. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(6), 652–659. <http://doi.org/10.1080/14620316.2005.11511994>
- van Noort, F., Kempkes, F., & de Zwart, F. (2010).  
Het Nieuwe Telen potplanten - meer licht toelaten bij wijdere temperatuurgrenzen bij een hogere luchtvochtigheid. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 1093, 1–92. Retrieved from [https://www.kasalsenergiebron.nl/content/docs/Het\\_Nieuwe\\_Telen/De\\_basisprincipes\\_van\\_Het\\_Nieuwe\\_Telen.pdf](https://www.kasalsenergiebron.nl/content/docs/Het_Nieuwe_Telen/De_basisprincipes_van_Het_Nieuwe_Telen.pdf)
- van Noort, F., Kromwijk, W., Snel, J., Warmenhoven, M., Meinen, E., Li, T., ... Marcelis, L. (2013).  
'Grip op licht' bij potanthurium en bromelia - meer energie besparing bij Het Nieuwe Telen Potplanten met meer natuurlijk, diffuus licht en verbeterde monitoring. *Rapport WUR Glastuinbouw*, 1287, 1–95.
- van Spingelen, J., de Rooij, E., & Verbekt, H. (2008).  
Telen van Poinsettia bij laag energieverbruik. *Rapport DLV Plant*, (april).
- Venema, J. H. (2004).  
Beperkende factoren voor de groei en fotosynthese van tomaat bij suboptimale temperatuur (K3). *Rapport Laboratorium Voor Plantenfysiologie - Rijksuniversiteit Groningen*, 1–15.
- Vogel, P. (2005).  
Kennisinventarisatie - voor een optimaal teeltconcept voor paprika in een "gesloten kas." *Rapport HAS Den Bosch*, 1–37.
- Vogelezang, J. V. M., de Hoog, J., & de Jongh, M. (1998).  
Invloed temperatuurstrategie op koolhydraatgehaltes in roos. *Rapport Proefstation Voor Bloemisterij En Glasgroente*, 130, 1–18.
- Warmenhoven, M., Garcia, N., & van Mourik, N. (2004).  
Temperatuurintegratie bij Anthurium andreanum. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 41704339, 1–31.
- Wickland, D. P., & Hanzawa, Y. (2015).  
The FLOWERING LOCUS T/TERMINAL FLOWER 1 Gene Family: Functional Evolution and Molecular Mechanisms. *Molecular Plant*, 8(7), 983–997. <http://doi.org/10.1016/j.molp.2015.01.007>

Zhang, L., Hao, X., Li, Y., & Jiang, G. (2010).

Response of greenhouse tomato to varied low pre-night temperatures at the same daily integrated temperature. *HortScience*, 45(11), 1654–1661.

Zieslin, N., & Tsujita, M. J. (1988).

Regulation of stem elongation of lilies by temperature and the effect of gibberellin. *Scientia Horticulturae*.  
[http://doi.org/10.1016/0304-4238\(88\)90159-8](http://doi.org/10.1016/0304-4238(88)90159-8)



# Bijlage 1 Workshop

## Programma 'Workshop temperatuurintegratie over langere periode'

Datum: donderdag 20 december 2018

Locatie: Wageningen UR Glastuinbouw, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk.

10:45	Inloop met koffie	
11:00	Opening	Aat Dijkshoorn, LTO Glaskracht
11:05	Toelichting op programma	Anne Elings, WUR
11:10	Kort voorstelrondje door iedereen (naam, bedrijf, gewassen, huidige temperatuurintegratie)	Deelnemers
11:20	Inhoudelijke inleiding	Anne Elings en Arca Kromwijk, WUR
11:35	Recente onderzoekservaringen voor paprika (Pieken zonder Pieken) gerbera en roos	Arie de Gelder, WUR
11:50	Uitdieping van het onderwerp aan de hand van de volgende vragen: Wat zijn uw huidige temperatuurregelingen? Is temperatuurintegratie nodig, en hoe zou deze er idealiter uit moeten zien? Hoeveel kan uw gewas hebben, wanneer gaat het mis? Waar zitten qua productie en kwaliteit winst en verlies, is compensatie later in het seizoen eigenlijk wel nodig? De verzamelde antwoorden worden besproken en er wordt geprobeerd (per gewasgroep) een aantal algemene principes te benoemen.	Deelnemers
± 12:30	Lunch + pauze Ergens tijdens de gesprekken houden we een lunchpauze	
13:55	Afsluiting	Aat & Anne
14:00	Rondleiding door de kassen van Wageningen UR Glastuinbouw (voor geïnteresseerden)	Anne & Arca

\* TI = temperatuurintegratie

Tabel 1

Workshopdeelnemers.

Naam	Bedrijf	Gewas	Gewasgroep
Erik van der Helm en collega	Bunnik Plants	Succulenten, Echeveria, Senecio	Potplanten
Han van der Helm		Komkommer	Vruchtgroenten
Arthur Zwinkels		Paprika	Vruchtgroenten
Roel Klapwijk		Paprika	Vruchtgroenten
Job van Egmond	Gebr. P.A. en C. van Egmond	Matricaria	Snijbloemen
Luuk van Duijn	Gebr. Van Duijn B.V.	Aubergine	Vruchtgroenten
Marc Litjens	Kwekerij Litjens B.V.	Paprika	Vruchtgroenten









To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



Wageningen University & Research,  
BU Glastuinbouw  
Postbus 20  
2665 ZG Bleiswijk  
Violierenweg 1  
2665 MV Bleiswijk  
T +31 (0)317 48 56 06  
[www.wur.nl/glastuinbouw](http://www.wur.nl/glastuinbouw)

Rapport WPR-992

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 12.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.