



Bloei & Stuurlicht bij Phalaenopsis

Bloei-inductie door stuurlicht spaart energie

Tom Dueck¹, Esther Meinen¹, Sander Hogewoning², Govert Trouwborst² en Sander Pot³

Rapport GTB-1343

1. Wageningen UR Glastuinbouw, 2. Plant Lightings BV, 3. Plant Dynamics BV

Referaat

Gedurende de bloei-inductie fase worden Phalaenopsis planten bij relatief lage temperaturen geteeld om de planten in bloei te laten komen. Omdat bloei-inductie hormonaal gestuurd is, bestaat er een goede kans dat de bloei-inductie met stuurlicht te sturen is. Hiermee kan energie bespaard worden door minder te hoeven koelen in de zomer tijdens bloei-inductie. Met relatief meer rood licht zou (opgelegde) knoprust doorbroken worden middels activering van fytochroom B, die de apicale dominantie vermindert en de kans op knopuitloop vergroot. Om dit te onderzoeken zijn er behandelingen met relatief veel rood licht en relatief veel verrood licht al dan niet gecombineerd met een verlaagde temperatuur. Uit de resultaten is gebleken dat een koelperiode van 8 weken resulteert altijd in een hoger percentage meertakkers bij beide cultivars onafhankelijk van het lichtspectrum. Het duurde echter ook 2 weken langer om deze planten veilingklaar te hebben. Voor wat betreft het spectrum heeft licht met een hoge aandeel rood licht altijd geresulteerd in een hoger percentage meertakkers. Licht met relatief meer verrood licht verlaagt het percentage meertakkers als er gedurende de gehele inductie periode geen koelperiode is ingelast. In dit experiment is aangetoond dat de koelfase van 19°C vervangen kan worden door gebruik van SON-T licht (rood) en een temperatuur van 22°C.

Abstract

Phalaenopsis plants are grown at relatively low temperatures during the flower induction phase for the plants to flower. Because flower induction hormonally driven, there is a good chance that the light spectrum can induce flowering as well. In this way energy can be saved in the summer not having to cool the greenhouse during flower induction. With relatively more red light (imposed) bud break could be realized by activating phytochrome B, which reduces the apical dominance and increases the chances of spike elongation. In order to investigate this, an experiment was designed comprising of treatments with relatively high amounts of red light or relatively high amounts of far red light were combined with reduced or intermediate temperatures. The experiment showed that a cooling period of 8 weeks will always result in a higher percentage of multiple spikes in both cultivars regardless of the light spectrum. However, it took two weeks longer to have these plants ready for sale. Regarding the spectrum, light with a higher proportion of red light also resulted in a higher percentage of multiple spikes. Light with relatively more far-red light lowered the percentage of multiple spikes when no cooling period was included in the induction period. This experiment showed that a cooling phase of 19°C can be replaced by using of HPS lamps (with more red light) and a temperature of 22°C.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1343

Projectnummer: 3742167513

PT nummer:

Disclaimer

© 2015 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wageningenUR.nl/glastuinbouw. Wageningen UR Glastuinbouw.

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

Adresgegevens

Wageningen UR Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Voorwoord	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
2	Materialen & Methoden	11
	2.1 Plantmateriaal	11
	2.2 Teeltcondities	11
	2.3 Onderzoek van de hypothesen	11
	2.4 Behandelingen	11
	2.5 Metingen	13
3	Resultaten & Discussie	15
	3.1 Belichting	15
	3.2 Teeltcondities	16
	3.3 Productie bloemtakken	18
	3.3.1 Telling na 4 weken	18
	3.3.2 Tellingen aan veiling-klare planten	20
	3.3.3 Discussie effect lichtkleuren en knopuitloop	23
4	Conclusies & Discussie	25
5	Referenties	27
	Bijlage I. Overzicht van de behandelingen	29
	Bijlage II. Gemiddelde condities per behandeling	31

Voorwoord

Phalaenopsis is op dit moment het belangrijkste gewas binnen de potplantensector in Nederland. Bij de teelt van Phalaenopsis wordt niet alleen veel energie gebruikt bij de verwarming bij de opweek in de winter, maar ook veel energie bij de koeling t.b.v. bloei-inductie en afweek in de zomer.

In het kader van het innovatieprogramma Kas als Energiebron is in opdracht van het Ministerie van EZ en het Productschap Tuinbouw een project uitgevoerd, waarbij onderzocht werd of een deel van de hoge energiekosten vervangen kan worden door inzet van een deel van het lichtspectrum. Het onderzoek werd uitgevoerd op Wageningen UR Glastuinbouw. Philips Lighting heeft het LED-belichtingssysteem geleverd.

De planten zijn afkomstig van Ammerlaan Orchideeën en proef werd begeleidt door verschillende leden van de Landelijke Potorchidee Commissie, waarvoor onze dank.

De auteurs
Wageningen UR Glastuinbouw
Februari 2015

Samenvatting

Gedurende een aanzienlijk gedeelte van de teeltcyclus (6-9 weken) worden Phalaenopsis planten bij relatief lage temperaturen geteeld om de hormoonhuishouding van de planten zo te sturen dat de knopvorming en bloei op gang komt. Omdat bloei-inductie hormonaal gestuurd is, bestaat er een goede kans dat de bloei-inductie met stuurlicht te sturen is. Hiermee kan energie bespaard worden door minder te hoeven koelen in de zomer tijdens bloei-inductie, en minder te hoeven verwarmen in de winter om voortakken te voorkomen tijdens de opkweek. In het hier beschreven onderzoek zijn de mogelijkheden voor de inductie van tak- en bloemvorming met stuurlicht bij Phalaenopsis onderzocht.

Bij het ingaan van de bloei-inductie fase bij Phalaenopsis zijn planten met of zonder koeling belicht met een relatief hoog, of relatief laag aandeel rood licht. Met relatief meer rood licht zou (opgelegde) knoprust doorbroken worden middels activering van fytochroom B, die de apicale dominantie vermindert en de kans op knopuitloop vergroot. Om dit te onderzoeken zijn er behandelingen met relatief veel rood licht en relatief minder rood licht gecombineerd met een koel-temperatuur gedurende 8 weken of 4 weken, of geen koel-temperatuur.

Uit de resultaten is gebleken dat een koelperiode van 8 weken resulteert altijd in een hoger percentage meertakkers bij beide cultivars onafhankelijk van het lightspectrum. Voor wat betreft het spectrum heeft licht met een hoge PSS-waarde (rood licht) altijd geresulteerd in een hoger percentage meertakkers, onafhankelijk van een koelperiode van 0, 4 of 8 weken. Blijkbaar is rood licht in staat de hormoonbalans voldoende te sturen via activering van fytochroom B waardoor meer bloemtakken worden geproduceerd.

Licht met een lage PSS-waarde (relatief meer verrood licht) verlaagt het percentage meertakkers als er gedurende de gehele inductie periode geen koelperiode is ingelast. Dat zou betekenen dat met dit licht er minder risico voor de ontwikkeling van voortakken, maar ook dat de ontwikkeling van bloemtakken minder gestimuleerd wordt.

De taklengte bij veilingklare planten is het kortste bij planten die gedurende 8 weken gekoeld zijn. Het duurde ook 2 weken langer om deze planten veilingklaar te hebben.

Het doel van het experiment was het vervangen (of verkorten) van de koelfase van Phalaenopsis met behulp van stuurlicht. In dit experiment is aangetoond dat de koelfase van 19°C vervangen kan worden door gebruik van SON-T licht (rood) en een temperatuur van 22°C.

Mogelijkheden voor de winterseizoen: Tuinders belichten Phalaenopsis met name in de herfst, winter en het vroege voorjaar met SON-T: dit leidt tot een hogere PSS-waarde vergeleken met zonlicht. Zij verwarmen de kas voor de opkweek en laten het vanzelf koeler worden voor de bloei-inductie. Het is daardoor eenvoudig om de koeling te realiseren in het najaar/winter t.b.v. bloei-inductie. Het kost bijna niets in deze periode.

Voor wat betreft de opkweekfase in het najaar/winter zou licht met een lagere PSS waarde (meer verrood licht) gebruikt kunnen worden om planten vegetatiever te laten groeien. In dat geval zou opkweektemperatuur niet zo hoog te hoeven zijn, b.v. ca. 22-24°C, waardoor minder energie nodig zou zijn om de kas te verwarmen.

Dit is in dit experiment echter niet onderzocht en verder onderzoek zal moeten uitwerken of dit inderdaad tot energiebesparing kan leiden zonder voortakken in de teelt.

Mogelijkheden voor de zomerseizoen: In de zomer wordt weinig assimilatiebelichting gebruikt. Licht is dan voornamelijk afkomstig van de zon en heeft een PSS waarde van 0.7, dus met een relatief hoge verrood gehalte. De resultaten uit dit experiment laten zien dat er niet gekoeld hoeft te worden tot 19°C om bloemtakken te induceren.

In plaats daarvan zou het licht aangepast kunnen worden, door b.v. verhoging van de PSS waarde door rode lampen (SON-T of rode LEDS) of het wegfilteren van verrood licht uit zonlicht met een kleur-selectieve scherm. Bloei-inductie zou gewoon plaats kunnen vinden in de 'afkweek kas' bij ca. 22-24°C. Dat zou betekenen dat er bloei geïnduceerd kan worden zonder de (kostbare) koeling in de zomer. Tijdens de opkweekfase is het dan niet of nauwelijks nodig om (licht) aanpassingen bij Phalaenopsis te treffen.

Meer seizoensspecifieke onderzoek is nodig om de grenzen van temperatuur en PSS tijdens opkweekfase en bloei-inductie vast te stellen.

1 Inleiding

Phalaenopsis is op dit moment het belangrijkste gewas binnen de potplantensector in Nederland. Gedurende een aanzienlijk gedeelte van de teeltcyclus (6-9 weken) worden de planten bij relatief lage temperaturen geteeld t.o.v. de temperatuur die gehandhaafd wordt tijdens de opkweekfase. Deze periode met lage temperatuur (ca. 19°C) is nodig om de hormoonhuishouding van de planten zo te sturen dat de knopvorming op gang komt. Tevens wordt juist een hoge temperatuur (ca. 28-30°C) gebruikt om ongewenste bloei te voorkomen. Omdat bloei-inductie hormonaal gestuurd is, bestaat er een goede kans dat de bloei-inductie en -remming die met koeling en warmte bereikt worden, ook met stuurlicht te bewerkstelligen zijn. Via de spectrale samenstelling van het licht kan de hormoonbalans op velerlei manieren gestuurd worden. Op vergelijkbare wijze wordt het proces van lengtegroei beïnvloedt door zowel temperatuur (DIF: verschil dag-nachttemperatuur) als stuurlicht. Beide methodes beïnvloeden de hormoonhuishouding in de plant waardoor eenzelfde resultaat kan worden bereikt.

Er liggen dan mogelijkheden om tijdens de bloei-inductie periode koeling te vervangen door het inzetten van stuurlicht. In de zomer kost de koelfase veel energie. Daarnaast vertragen de lage temperaturen de fotosynthese en dus de groei, waardoor de teelt langer duurt. In de winter is de lengte van de teeltduur één op één gerelateerd aan het energieverbruik per geproduceerde plant. Hetzelfde geldt voor de toepassing van warmte om bloei te voorkomen: Als stuurlicht ingezet kan worden om bloei in gang te zetten, dan is het zeer waarschijnlijk dat een andere toepassing van stuurlicht bloei juist tegenhoudt. De technieken hiervoor zijn er inmiddels beschikbaar (LEDs, coatings, schermen), maar de kennis voor toepassing ontbreekt nog. Kortom, een alternatief voor de koel- en/of warmteperiode bij Phalaenopsis zal leiden tot forse energiebesparing en een hogere teeltsnelheid (Dueck *et al.* 2014).

Tijdens de teelt van Phalaenopsis worden een aantal groeifases onderscheiden. Gedurende de vegetatieve fase (circa 28 weken) ontwikkelen telkens nieuwe bladeren en in ieder bladoksel ontwikkelen twee knoppen: een vegetatieve knop en een generatieve knop (Hsiao *et al.* 2011). Vervolgens wordt tijdens de bloei-inductie (circa 6 tot 9 weken) de generatieve knop aangezet tot het ontwikkelen van een bloemtak. Er vinden dan drie hoofdprocessen plaats: (1) opheffing van de knoprust; (2) uitgroei van de bloemtak; en (3) initiatie van de bloemknop wanneer tak ongeveer de 5cm lang is (Lopez & Runkle, 2005; Hsiao *et al.* 2011). Gedurende de afkweekfase (circa 8-10 weken) vindt verdere uitgroei van de tak plaats en de ontwikkeling van de bloemen tot de bloeifase. In deze fase wordt een streef temperatuur van circa 22°C aangehouden.

In de wetenschappelijk literatuur wordt aangegeven dat bij planten die groot genoeg zijn (met één of meer generatieve knoppen) er tenminste 2-4 weken een temperatuur van beneden de 26°C nodig is voor bloei-inductie (cf. Runkle, 2010; Qin *et al.* 2012). Opvallend is dat Nederlandse telers een veel lagere temperatuur hanteren om de bloei te induceren. Veranderingen van de temperatuur beïnvloeden de hormonenbalans in de plant, en toepassen van de planthormonen cytokinine en gibberelline bij inductietemperaturen resulteerde in meer bloemtakken en meer bloemen (Chen *et al.* 1994; Blanchard & Runkle, 2008). Van belang was de observatie dat het toepassen van hormonen de inductie van bloemtakken versterkt maar dit niet kon vervangen. Vervolgens speelt gibberelline een rol bij de inductie van bloemen. Bij inductietemperaturen wordt gibberelline aangemaakt en bloemen worden gevormd (Chen *et al.*, 1994; Su *et al.* 2001); aan bloemtakken bij hogere temperaturen worden geen bloemen gevormd (Su *et al.* 2001). Aan de invloeden van abscissinezuur en suikers op de tak- en bloemontwikkeling bij Phalaenopsis worden verschillend gedacht (Wang, 2002; Kataoka *et al.* 2004; Chen *et al.* 2008), maar beide zouden invloed kunnen hebben op de bloei-inductie.

Tot op heden wordt de hormonenbalans vooral middels temperatuursveranderingen gestuurd. Echter, in theorie moet dat ook mogelijk zijn te sturen middels het lichtspectrum, al is het niet bekend hoe de bloei-inductie via veranderingen in de hormonenbalans bij Phalaenopsis gestuurd kan worden.

Één van de kwantitatieve grootheden m.b.t. lichtkwaliteit (lichtspectrum) is de PSS-waarde, de 'phytochrome photostationary state'. Het pigment fytochroom in de plant is gevoelig voor de PSS-waarde en kan daardoor veranderen in de actieve of in de inactieve vorm. De PSS-waarde van zonlicht heeft een waarde van circa 0.7. In de glastuinbouw wordt assimilatiebelichting gebruikt om de fotosynthese, en daarmee de groei, te bevorderen.

Maar assimilatiebelichting kan een andere PSS-waarde hebben dan zonlicht en daarmee een sturend effect hebben (stuurlicht) waardoor de morfologie en ontwikkeling van het gewas beïnvloed wordt. SON-T belichting toevoegen aan zonlicht verhoogt de PSS iets, maar na zonsondergang is SON-T de enige vorm van belichting en is de PSS duidelijk verhoogd t.o.v. zonlicht. SON-T heeft relatief meer rood licht dan zonlicht en heeft een PSS-waarde van ca. 0.83; rode LEDs hebben een nog hogere PSS-waarde. De PSS-waarde van SON-T kan verlaagd worden door verrood licht toe te voegen.

Het is vanuit de literatuur niet bekend wat voor soort knoprust er heerst bij *Phalaenopsis*. Vanuit de literatuur zijn verschillende soorten knoprust bekend:

1. Opgelegde knoprust door andere plantorganen (para-dormancy / correlative inhibition).
2. Opgelegde knoprust door omgevingsfactoren (eco-dormancy).
3. Interne knoprust (endo-dormancy).

Er is sprake van opgelegde knoprust als de uitgroei van een knop wordt tegengehouden door fysiologische factoren *buiten de knop zelf* door andere plantorganen. Dit speelt bijvoorbeeld een rol bij het al dan niet vertakken van een plant. Een actief groeipunt kan dan dominant zijn ten opzichte van de lager gelegen okselknoppen zodat deze niet uitlopen (apicale dominantie; bijv. Roos). Er is sprake van opgelegde knoprust door omgevingsfactoren als de uitgroei van een knop alleen wordt tegengehouden door klimaatsfactoren zoals droogte of koude). Het ligt voor de hand dat dit type knoprust niet door lichtkleur te sturen is. Er is sprake van interne knoprust als de uitgroei van de knop wordt tegengehouden door fysiologische factoren *in de knop zelf*. Dit speelt bijvoorbeeld een rol bij knoppen die in het najaar worden aangelegd, maar die een koudeperiode nodig hebben om in het voorjaar te kunnen uitlopen (bijvoorbeeld uitloop van appelbomen of siringen). Als laatste is het mogelijk dat knoppen een combinatie van bovenstaande soorten van knoprust hebben. Zo kunnen knoppen langdurige koude nodig hebben om uit de interne knoprust te komen (endo-dormancy), vervolgens is er wel voldoende warmte nodig om de knoppen daadwerkelijk te doen uitlopen (eco-dormancy). Dit is bij trekheesters het geval.

Zoals aangegeven kan met licht de opgelegde knoprust door andere plantorganen of de interne knoprust beïnvloed worden. In theorie zijn er drie mogelijkheden om met licht de bloei-inductie te beïnvloeden:

1. Doorbreking opgelegde knoprust (para-dormancy). Opgelegde knoprust kan doorbroken worden middels actief fytochroom B, die de apicale dominantie vermindert (minder aanmaak auxine) en zorgt voor een grotere kans op vertakking (bijv. bij Roos). Actief fytochroom B kan bereikt worden door licht met een hoge PSS-waarde: veel rood en zo min mogelijk verrood licht. Inactief fytochroom B (door verrood licht) versterkt de apicale dominantie (meer aanmaak auxine) en verlaagt de kans op knopuitloop.
2. Doorbreking van interne knoprust. Voor het doorbreken van interne knoprust kan gestuurd worden op actief fytochroom A, die een zeer belangrijke rol speelt bij de bloei van lange dag planten en lijkt ook de bloei bij daglengte neutrale planten te versnellen. Bij korte dag planten, zoals rijst, kan juist de aansturing van Fytochroom A de bloei vertraagd worden. Voor actief fytochroom A moet de daglengte lang genoeg zijn en moet er naast het gewone licht voldoende verrood licht aanwezig zijn. Of deze route kan gelden voor *Phalaenopsis* is onduidelijk omdat de daglengte-gevoeligheid voor *Phalaenopsis* onbekend is.
3. Eerst doorbreking knoprust tak en dan sturing bloei-inductie. Omdat er hiervoor twee processen achter elkaar plaats moeten vinden (takinductie en daarna bloei-inductie) kan het ook mogelijk zijn dat beide reacties ander stuurlicht nodig hebben. Er ontstaan dan twee mogelijkheden:
 - a. Doorbreking van de opgelegde knoprust via aansturing op actief Fytochroom B en vervolgens promotie van de bloei-inductie via sturing op Fytochroom A.
 - b. Doorbreking van de interne knoprust via sturing op Fytochroom A en vervolgens promotie bloei-inductie door Fytochroom B.Deze laatste optie is wat minder waarschijnlijk, omdat bij lange dag planten bekend is dat fytochroom B een negatieve rol heeft op bloei-inductie.

In het hier beschreven onderzoek worden de mogelijkheden voor de inductie van tak- en bloemvorming bij *Phalaenopsis* onderzocht. In een matrix van temperatuur en licht behandelingen wordt bekeken óf een lage temperatuur noodzakelijk is voor de bloei van *Phalaenopsis*, óf het lichtspectrum, al dan niet in combinatie met temperatuur de bloei van *Phalaenopsis* kan stimuleren, en zo mogelijk een indicatie verkrijgen van de wijze waarop dit bij *Phalaenopsis* wordt geregeld. Het doel van het experiment is het vervangen (of verkorten) van de koelfase van *Phalaenopsis* met behulp van stuurlicht.

2 Materialen & Methoden

2.1 Plantmateriaal

Twee cultivars van *Phalaenopsis* (Red Stones en Quincy), verkregen van Ammerlaan Orchideeën (Robert Ammerlaan) werden ingezet op het einde van de afkweekperiode op 24 april 2014. Er werden 50 planten per behandeling ingezet met een dichtheid van 45 planten/m², in totaal 800 planten.

2.2 Teeltcondities

Het experiment werd uitgevoerd in drie kassen bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk. Gedurende de inductieperiode van acht weken zijn 2 temperaturen en 2 lichtbehandelingen uitgevoerd. De temperatuur werd ingesteld op 19 of 22°C tijdens de eerste acht weken van het experiment. CO₂ werd gedoseerd tot 500 ppm. De watergift werd uitgevoerd met de regenleiding en varieerde tussen 8-18 liter m², afhankelijk van het klimaat.

In alle behandelingen werd in totaal een lichtsom van 8 mol/m²/dag nagestreefd. Tijdens de inductiefase van 8 weken werd gedurende 12 uur per dag belicht, bij een intensiteit van 120 μmol/m²/s, wat resulteerde in 5.2 mol/m²/dag lamplicht. Door het aandeel daglicht te regelen met een verduisteringsdoek, werd het lamplicht aangevuld tot 8 mol/m²/dag. De lampen brandden altijd 12 uur en gingen niet eerder uit, omdat de (lamp) lichtbehandelingen de proeffactor waren. Planten gingen altijd de nacht in met lamplicht. Tijdens de teelt werden de gevelschermen altijd gesloten om zoveel mogelijk daglicht buiten te sluiten, en wanneer nodig werd de verneveling gebruikt voor de koeling.

In de afkweekfase (vanaf 18 juni) werd niet meer belicht en de gevelschermen werden geopend om voldoende daglicht toe te laten. De daglengte werd per week met een half uur verlengd en liep op van 12 uur tot 16 uur.

2.3 Onderzoek van de hypothesen

Om de hypothesen te onderzoeken werd het lichtspectrum (PSS-waarde) aangepast door SON-T lampen te gebruiken, óf SON-T lampen met verrode LED-lampen. De hypothesen werden als volgt getoetst:

1. Doorbreking van opgelegde knoprust door te sturen op actief fytochroom B. Actief fytochroom B vermindert de apicale dominantie. Actief fytochroom B werd verkregen door een hoge PSS in te stellen, dus relatief veel rood licht te geven met SONT lampen.
2. Doorbreking van de interne knoprust door te sturen op actief fytochroom A. Voor actief fytochroom A moet de daglengte lang genoeg zijn en er moet voldoende verrood aanwezig zijn. Daarvoor werden SON-T lampen gebruikt, aangevuld met verrood licht.
3. De 2 processen van doorbreken van knoprust en bloei-inductie achter elkaar werden onderzocht door:
 - a. Eerst knoprust van de tak doorbreken en vervolgens sturen op bloei-inductie: eerst doorbreken van opgelegde knoprust (met rood licht) en vervolgens promotie bloei-inductie (met verrood licht). Deze lichtbehandelingen werden na elkaar gegeven (eerst rood, dan verrood). Het proces kan ook juist anders plaats vinden:
 - b. Doorbreken van de interne knoprust (met verrood licht) en vervolgens promotie bloei-inductie (met rood licht). Zoals in inleiding aangegeven is deze optie minder waarschijnlijk.

2.4 Behandelingen

Er waren 2 lichtbehandelingen en 2 kastemperaturen in de behandelingen. De temperaturen waren ingesteld 19°C (bloei-inductie door temperatuur) of 22°C.

De lichtbehandelingen waren ingesteld voor 12 uur per dag als volgt:

SON-T: 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, wat resulteerde in een hoge PSS-waarde ($\text{PSS} > 0.83$). Deze omstandigheden zijn te vergelijken met een inductie-periode die in de praktijk in de winter plaats vindt (veel bijbelichting met SON-T).
 SON-T + verrode LED modules: 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ SON-T + 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ verrood, wat resulteerde in een lagere PSS-waarde ($\text{PSS} 0.70$) vergelijkbaar met zonlicht. Deze omstandigheden zijn te vergelijken met een inductie-periode die in de praktijk in de zomer plaats vindt (voldoende daglicht, dus SON-T blijft uit).



Foto 1 Combinatie SON-T en verrode LED belichting.

Beide lichtbehandelingen werden gestart in de kassen 1.07 en 1.08 bij 19°C en in kas 9.04 bij 22°C. Na 4 weken werden selecties van planten gewisseld van afdeling om te toetsen of de koelperiode mogelijk niet geheel vervangen kan worden maar verkort. Dit resulteerde in 8 behandelingen in totaal, waarbij de bloei-inductie periode van 8 weken in tweeën werd verdeeld: inductieperiode 1 en inductieperiode 2. Na 8 weken (18 juni 2014) werden alle planten bij elkaar geplaatst in de afkweek bij 22°C (in kas 9.04) zonder assimilatiebelichting. De behandelingen zijn samengevat in Tabel 1. Zie bijlage 1 voor een overzicht van de behandelingen op een plattegrond.

Tabel 1

Samenvatting van de licht- en temperatuur behandelingen tijdens de bloei van Phalaenopsis. Wk 1-8 betekent de periode week 1 t/m week 8 geteld vanaf het moment van starten van het experiment.

Behandeling	Inductie periode	Inductie temperatuur (19°C)		Afkweek temperatuur (22°C)		Bloei temperatuur (22°C)
		SON-T	SON-T+VR	SON-T	SON-T+VR	
		Kas 1.08	Kas 1.07	Kas 9.04	Kas 9.04	Kas 9.04
1	8	wk 1-8				wk 9-16
2	8		wk 1-8			wk 9-16
3	0			wk 1-8		wk 9-16
4	0				wk 1-8	wk 9-16
5	4	wk 1-4		wk 5-8		wk 9-16
6	4		wk 1-4	wk 5-8		wk 9-16
7	4		wk 1-4		wk 5-8	wk 9-16
8	4	wk 1-4			wk 5-8	wk 9-16

* zoals in de praktijk in juni

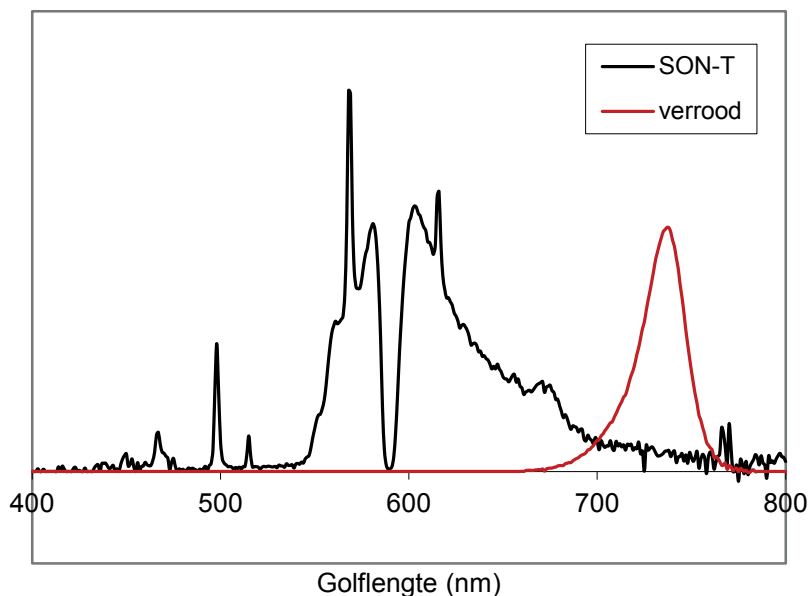
2.5 Metingen

Vier weken na het inzetten van het experiment, werd het aantal ontwikkelende bloemtakken per plant geteld in alle behandelingen. Een tak werd geteld als deze langer was dan 0.5 cm. Een kortere tak kan makkelijk verward worden met een wortel en is dus niet betrouwbaar te scoren bij kortere lengtes. Bij twijfel of het een bloemtak was of een wortel werd er niet gescoord. Na beëindiging van het experiment (de planten waren veilingrijp, met 3 open bloemen), is het aantal bloemtakken en het aantal open bloemen geteld en de lengte van de langste tak gemeten.

3 Resultaten & Discussie

3.1 Belichting

In het experiment waren 2 typen belichting: SON-T en SON-T + verrode LEDs. De spectra van de afzonderlijke lampen staan in Figuur 1 weergegeven.



Figuur 1 Spectrale verdeling ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) van SON-T en van verrode lampen (beide spectra zijn apart weergegeven).

Tabel 2

Gemiddelde lichtintensiteit ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) bij de bloei-inductie van *Phalaenopsis*.

Behandelingen	Kas afdeling	Lampen gebruikt	SON-T ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Verrood ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
1, 5, 8	1.08	SON-T	116.3	
2, 6, 7	1.07	SON-T + VR	120.6	43.3
3, 5, 6	9.04	SON-T	120.1	
4, 7, 8	9.04	SON-T + VR	117.2	41.4

De ingestelde lichtintensiteiten van SON-T waren ca. $120 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ en van SON-T + verrood ca. $120 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ en $40 \mu\text{mol}$ verrood. Dit resulteerde in een PAR lichtsom van $5.2 \text{ mol}/\text{m}^2/\text{dag}$ ($120 \mu\text{mol} * 12 \text{ uur} * 60 \text{ min} * 60 \text{ sec}$) voor beide behandelingen. Verrood valt voornamelijk buiten het PAR gebied en draagt nauwelijks bij aan fotosynthese. De beoogde PAR-som voor de teelt was $8 \text{ mol}/\text{m}^2/\text{dag}$, lamplicht aangevuld met daglicht. Dat betekende dat $2.8 \text{ mol}/\text{m}^2/\text{dag}$ daglicht toegelaten kon worden. Dat werd geregeld door het verduisteringsdoek dicht te trekken als er aan de gewenste PAR-som voldaan was. De lampen hebben steeds 12 uur per dag gebrand omdat dat de behandelingsfactor in het experiment was.

De gerealiseerde lichtintensiteiten per lichtbehandeling zijn weergegeven in Tabel 2, en de gerealiseerde PAR-sommen per behandeling in Tabel 3. Er is over het algemeen voldaan aan de gemiddelde lichtintensiteit wat resulteerde in een PAR-som van ca. 7.5 mol/m²/dag, al werd er in de afkweekfase in behandelingen 2, 3, 5 en 6 een lagere PAR-som gemeten. Dat is waarschijnlijk een gevolg van een vliesdoek in de buurkas tijdens de afkweekperiode.

3.2 Teeltcondities

De teelt is kunstmatig opgedeeld in 3 periodes voor dit experiment: 2 inductiefases van elk 4 weken gevolgd door een afkweekfase van 8 weken. De inductie- en afkweekfase zijn op deze manier ingedeeld om de hypothesen rond doorbreking van de knoprust en stimulering van de bloei te kunnen toetsen.

Een overzicht van de condities tijdens de bloei-inductie en afkweek zijn weergegeven in Tabel 3 (een uitgebreid overzicht is te vinden in bijlage II). In de behandelingen waarbij een koelperiode van 8 weken is gehanteerd (behandelingen 1 en 2), is een etmaaltemperatuur van 19.4°C gerealiseerd. Waar de koeling niet is toegepast (behandelingen 3 en 4) is over deze 8 weken een etmaaltemperatuur van 22.2°C gerealiseerd, beide temperaturen liggen dicht bij de gewenste temperaturen. De overige behandelingen zijn deels bij 19°C en deels bij 22°C uitgevoerd, dus de gemiddelde etmaaltemperatuur over deze 8 weken ligt er tussenin: 21.1°C. De etmaaltemperatuur in de afkweek- fase is iets hoger geworden, deels omdat dit in het voorjaar plaatsvond en het moeilijk was om een lagere (22°C) temperatuur te handhaven.

Tabel 3

Gemiddelde condities tijdens de inductie-, afkweek- en bloeifase in elke behandeling.

Periode	Behandeling	Belichting	Etmaal temp (°C)	CO ₂ (ppm)	RV (%)	VD (g/m ³)	PAR-som (mol/m ² /dag)
Inductieperiode 1 (wk 1-4)							
1		SON-T	19.5	553	69	5.3	7.6
2		SON-T+verrood	19.5	470	67	5.6	7.5
3		SON-T	21.7	526	65	7.2	7.8
4		SON-T+verrood	21.7	526	63	7.2	8.0
5		SON-T	19.5	567	69	5.2	7.6
6		SON-T+verrood	19.5	470	67	5.6	7.5
7		SON-T+verrood	19.5	470	67	5.6	7.5
8		SON-T	19.5	567	69	5.2	7.6
Inductieperiode 2 (wk 5-8)							
1		SON-T	19.3	540	65	5.7	7.8
2		SON-T+verrood	19.3	453	65	5.8	7.7
3		SON-T	22.7	515	67	6.7	7.6
4		SON-T+verrood	22.7	515	67	6.7	7.7
5		SON-T	22.7	515	67	6.7	7.6
6		SON-T	22.7	515	67	6.7	7.6
7		SON-T+verrood	22.7	515	67	6.7	7.7
8		SON-T+verrood	22.7	515	67	6.7	7.7
Afkweekfase (wk 9-16)**							
1		SON-T	22.8	493	68	6.8	7.5
2		SON-T	22.8	493	68	6.8	6.7*
3		SON-T	22.9	489	67	6.9	6.7*
4		SON-T	22.9	489	67	6.9	7.8
5		SON-T	22.8	493	68	6.8	6.7*
6		SON-T	22.9	490	68	6.8	6.7*
7		SON-T	22.9	490	68	6.8	7.4
8		SON-T	22.9	490	68	6.8	7.4

* mogelijk gevolg van vliesdoek in buurkas

** einde van afkweekfase flexibel, tot planten veilingklaar zijn

CO₂ werd toegediend tot 500 ppm in dit experiment, en de gemeten CO₂ concentraties schommelden rond de 490 ppm. CO₂ heeft geen effect op de bloei-inductie zelf, en de gemeten verschillen worden verwacht geen effect te hebben op de resultaten. De vochtigheid in alle behandelingen is rond de 68% RV (VD van ongeveer 6 tot 6.8 g/m³). De relatieve luchtvochtigheid tijdens de eerste 8 weken stabiel in de gekoelde afdelingen dan in de niet gekoelde afdelingen.

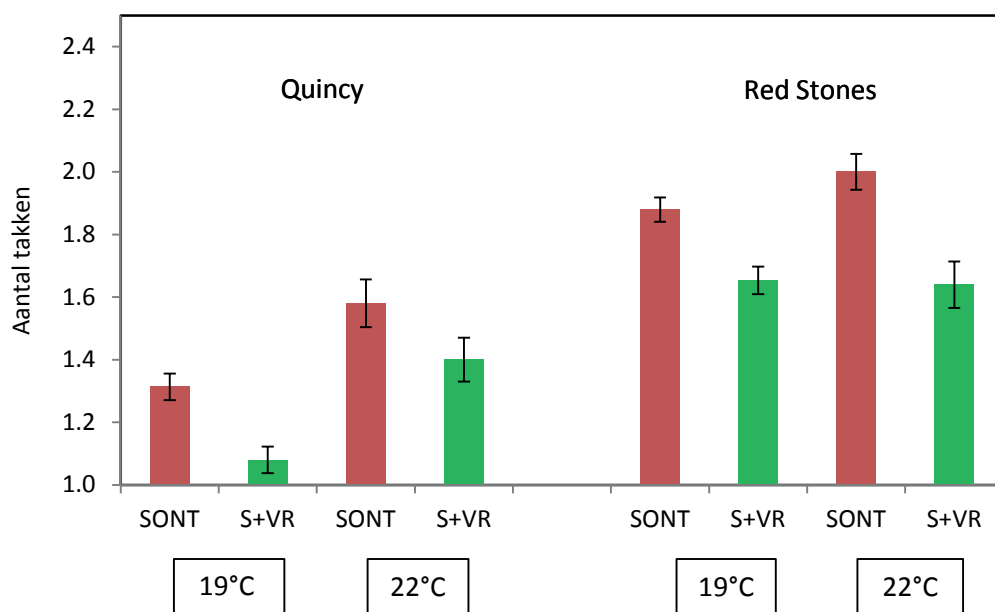
Tijdens de eerste 8 weken gedurende de inductieperiode was de PARsom op dag-basis redelijk gelijk tussen de behandelingen (7.5 tot 8 mol/m²/dag), maar tijdens de afkweek zijn er verschillen gemeten, ondanks het feit dat de planten in één afdeling stonden. Behandelingen 2, 3, 5 en 6 aan de zuidzijde kregen gemiddeld 6.7 mol/m²/dag, terwijl de overige behandelingen aan de noordzijde gemiddeld 7.4 mol/m²/dag kregen. Dit kan deels veroorzaakt zijn door variatie in zonlicht in de kas door positie t.o.v. de zon, maar waarschijnlijk doordat er aan de zuidgevel een vliesdoek is aangebracht in de buurkas. Dit heeft de lichtopbrengst in dat gedeelte van het kascompartiment negatief beïnvloed, maar gezien de resultaten heeft dit geen invloed gehad op de resultaten.

3.3 Productie bloemtakken

Na 4 weken van de inductiefase zijn er metingen en registraties uitgevoerd aan alle planten van beide cultivars, en later aan alle planten in elke behandeling op het moment dat de behandeling veilingklaar werd geacht (3 geopende bloemen).

3.3.1 Telling na 4 weken (inductieperiode 1)

Na 4 weken werden de ontwikkelende bloemtakken in de bladoksels geteld. In Figuur 2 is het gemiddelde aantal takken, en in Tabel 4 het aantal meertakkers gegeven van de cultivars Quincy en Red Stones. Behandelingen 1, 5 en 8 (19°C onder SON-T) en 2, 6 en 7 (19°C onder SON-T + verrood) waren gedurende de eerste 4 weken in één behandeling; daarom zijn er maar 4 afzonderlijke behandelingen gegeven voor inductieperiode 1.



Figuur 2 Het gemiddelde aantal takken van de cultivars Quincy en Red Stones bij 19° en 22°C onder resp. SON-T (bruine balken) en SON-T + verrood (groene balken) lampen na 4 weken bloei-inductie.

Duidelijk is te zien in Figuur 2 dat in alle behandelingen waarbij verrood licht is toegevoegd, er minder bloemtakken zijn geproduceerd dan wanneer alleen met SON-T werd belicht. Dit is bij beide cultivars het geval, onafhankelijk van de temperatuur. Ook duidelijk is dat Red Stones aanzienlijk meer takken produceerde dan Quincy.

In Tabel 4 is het aantal geproduceerde takken gegeven. Voor de cultivar Quincy is bij 19°C (koeling) het aantal 2-takkers bijna 2 keer zo hoog onder SON-T lampen als onder SON-T + verrood lampen. Er is ook een aanzienlijk aantal planten die (nog) geen ontwikkelende bloemtakken heeft laten zien. Bij 22°C (geen koeling) is het aantal 1-takkers en 2-takkers ongeveer gelijk bij beide lichtbehandelingen. Alle planten hebben tenminste één bloemtak al gevormd.

Na 4 weken is er ook effect van stuurlicht zichtbaar; er werden meer bloemtakken ontwikkeld onder invloed van SON-T (rood licht) dan onder SON- T + verrood. In beide cultivars is te zien dat er minder planten zijn met 0 of 1 tak, en juist meer met 2 of 3 takken onder SON-T (rood licht). Hierdoor lijkt het erop dat rood licht ook bijdraagt aan het activeren van fytochroom B waardoor de (opgelegde) knoprust eerder wordt doorbroken.

Bij beide cultivars zijn meer bloemtakken gescoord bij 22°C vergeleken met 19°C. Een verklaring kan zijn dat bij 22° de takken iets verder uitgegroeid zijn (hogere temperatuur dan 19°C) en sneller herkend kunnen worden als een bloemtak. Er is niet gescoord als er twijfel was over bloemtak of wortel en dat is waarschijnlijk vaker het geval geweest bij lagere temperatuur.



Foto 2 Takken scoren na 4 weken. Witte pijlen geven bloemtakken aan.

Tabel 4

Het aantal 0-, 1-, 2- en 3-takkers van de cultivars Quincy en Red Stones bij 19° en 22°C onder resp. SON-T en SON-T + verrood lampen na 4 weken bloei-inductie.

Cultivar	Temp	Belichting	0 takken	1 tak	2 takken	3 takken	Totaal
Quincy							
	19°C	SON-T	4	95	51	0	150
		SON-T + VR	15	108	27	0	150
	22°C	SON-T	0	22	27	1	50
		SON-T + VR	0	30	20	0	50
Red Stones							
	19°C	SON-T	0	27	114	9	150
		SON-T + VR	1	54	91	4	150
	22°C	SON-T	0	4	42	4	50
		SON-T + VR	1	16	33	0	50

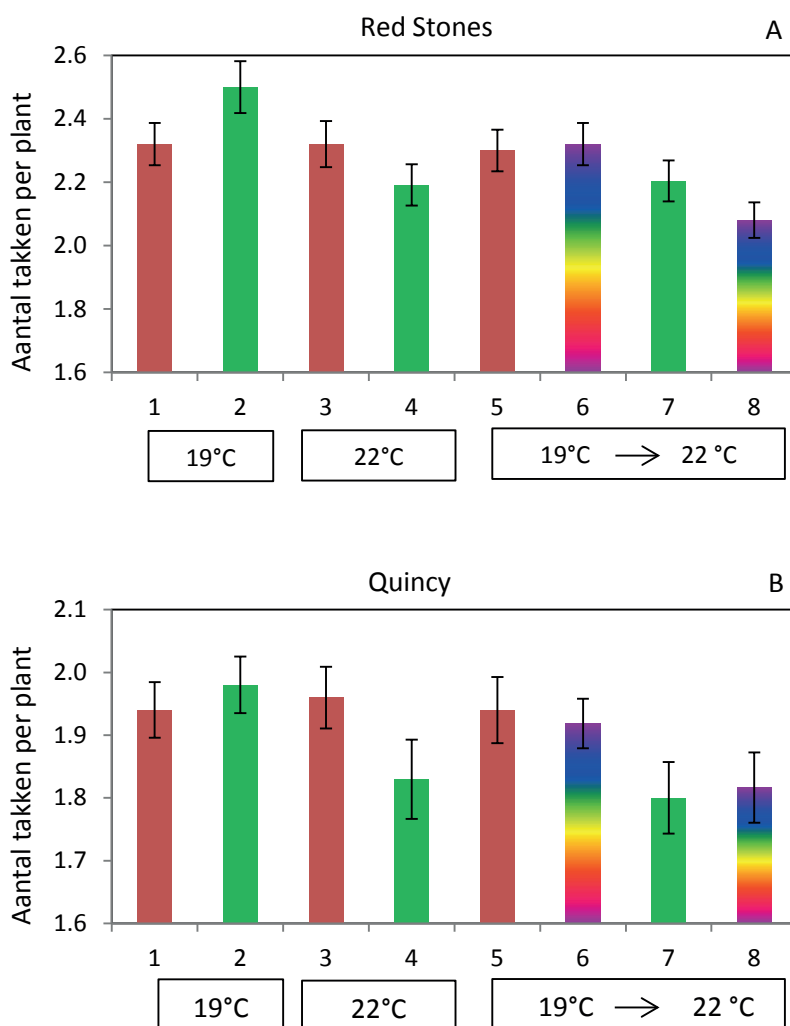
De cultivar Red Stones lijkt gemakkelijker te bloeien dan Quincy. Na 4 weken namelijk hebben nagenoeg alle planten tenminste 1 bloemtak ontwikkeld, onafhankelijk van de inductie-temperatuur. Zowel bij 19°C als bij 22°C zijn veel meer 2-takkers dan 1-takkers ontwikkeld, en zelfs al meerdere 3-takkers. Het is echter nog vroeg in deze fase van de teelt, en waarschijnlijk is het zo dat nog niet alle bloemtakken zijn zichtbaar geworden.

3.3.2 Tellingen aan veiling-klare planten

In Figuur 3 is in een overzicht gegeven van het aantal geproduceerde bloemtakken in beide cultivars op het moment dat ze klaar zijn voor de veiling. Behandelingen 3 en 4 zijn de bloei-inductie ingegaan bij 22°C terwijl de overige 6 behandelingen allen zijn gestart (tenminste de eerste 4 weken) in de koeling (19°C).

Opvallend is dat bij alle behandelingen bloemtakken ontstaan, ongeacht koeling of lichtkleur. De vraag rijst waarom er in de praktijk gekoeld wordt tot 19°C, als er ook bloemtakken gevormd worden bij 22°C. Eerder onderzoek liet zien dat er wel duidelijk een effect was van temperatuur op bloei-inductie (Kromwijk, 2003). Kromwijk vond bij 22°C maar 20% meertakkers en bij 19° 50% meertakkers. In haar onderzoek werden de planten met een lager lichtsom geteeld waardoor ze kleiner waren (minder nieuwe bladeren) er echter niet belicht tijdens de bloei-inductie.

Wat verder opvalt, is dat Red Stones altijd gemiddeld meer dan 2 takken produceert, variërend van ruim 2 tot 2.5 bloemtakken per plant. Quincy produceert minder bloemtakken: 1.8 tot bijna 2 bloemtakken per plant. Dit betekent ook dat er geen planten zijn zonder bloemtakken, en dat er weinig planten waren met maar 1 bloemtak (welgeteld 48 van de 400 planten in totaal voor Quincy en 5 voor Red Stones) (Tabel 5).



Figuur 3 Het aantal bloemtakken (gemiddelde en SE) ontwikkelt in de cultivars Red Stones (A) en Quincy (B) bij 8 behandelingen, waaronder inductie- en afkweek-temperatuur van 19°C of 22°C, en alleen inductie-temperatuur van 19°C. Bruine kolommen zijn belicht met SON-T; groene kolommen met SON-T+verrood; behandelingen 6 en 8 met beide lichtbronnen. Voor een uitleg van de behandelingen zie Materialen & Methoden.

De bruine kolommen in Figuur 3 zijn behandelingen die belicht zijn met SON-T. Het aantal bloemtakken bij deze 3 behandelingen met SON-T belichting zijn gelijk, ongeacht de temperatuur van de behandeling. Met andere woorden: planten die zijn belicht met SON-T maken evenveel bloemtakken bij 19°C als bij 22°C. Koeling (19°C) onder dit lichtspectrum is niet nodig om meer bloemtakken te produceren, zowel bij Red Stones als bij Quincy. De groene kolommen in Figuur 3 zijn behandelingen die belicht zijn met SON-T+verrood. Het aantal bloemtakken van planten die hiermee zijn belicht, is hoger bij 19°C dan bij 22°C of een combinatie van 19 en 22°C. Met andere woorden: belichten met SON-T+verrood induceert minder bloemtakken als er niet gekoeld wordt tot 19°C. Koelen is bij deze belichting noodzakelijk om veel bloemtakken te induceren (behandeling 2).

Tabel 5

Het aantal bloemtakken geproduceerd bij de cultivars Quincy en Red Stones onder de verschillende temperatuur- en belichtingbehandelingen.

Quincy										
Behand.	Inductieperiode 1		Inductieperiode 2		0 tak	1 tak	2 tak	3 tak	4 tak	Totaal*
	Temp.	Belichting	Temp.	Belichting						
1	19°C	SON-T	19°C	SON-T	0	4	45	1	0	50
2	19°C	SON-T+VR	19°C	SON-T+VR	0	3	45	2	0	50
3	22°C	SON-T	22°C	SON-T	0	4	44	2	0	50
4	22°C	SON-T+VR	22°C	SON-T+VR	0	9	37	1	0	47
5	19°C	SON-T	22°C	SON-T	0	5	43	2	0	50
6	19°C	SON-T+VR	22°C	SON-T	0	4	45	0	0	49
7	19°C	SON-T+VR	22°C	SON-T+VR	0	10	40	0	0	50
8	19°C	SON-T	22°C	SON-T+VR	0	9	40	0	0	49

Red Stones										
Behand.	Inductieperiode 1		Inductieperiode 2		0 tak	1 tak	2 tak	3 tak	4 tak	totaal
	Temp.	Belichting	Temp.	Belichting						
1	19°C	SON-T	19°C	SON-T	0	0	34	16	0	50
2	19°C	SON-T+VR	19°C	SON-T+VR	0	0	27	21	2	50
3	22°C	SON-T	22°C	SON-T	0	1	32	17	0	50
4	22°C	SON-T+VR	22°C	SON-T+VR	0	1	36	10	0	47
5	19°C	SON-T	22°C	SON-T	0	0	35	15	0	50
6	19°C	SON-T+VR	22°C	SON-T	0	0	34	16	0	50
7	19°C	SON-T+VR	22°C	SON-T+VR	0	1	37	11	0	49
8	19°C	SON-T	22°C	SON-T+VR	0	2	42	6	0	50

*Elke behandeling is gestart met 50 planten. Enkele planten zijn tijdens de teelt verwijderd omdat ze symptomen hadden van pseudomonas.

Dan zijn er nog 2 behandelingen waarin het type belichting na 4 weken werd gewisseld. Bij behandeling 6 werd eerst 4 weken belicht met SONT+verrood (19°C) en vervolgens 4 weken met SON-T (22°C). Bij behandeling 8 was dit precies omgekeerd: eerst 4 weken belicht met SONT (19°C) en vervolgens 4 weken met SON-T+verrood (22°C). Bij beide rassen was het resultaat gelijk: het aantal bloemtakken was hoog wanneer de laatste 4 weken werd met SON-T belicht en vergelijkbaar met continu SON-T belichting (respectievelijk behandelingen 6 en 5). Het aantal bloemtakken was lager wanneer de laatste 4 weken werd belicht met SON-T+verrood en vergelijkbaar met continu SON-T+verrood belichting (respectievelijk behandelingen 8 en 7). Een verdeling van het aantal bloemtakken per behandeling is te zien in Tabel 5.



Foto 3 Einde bloei-inductie, start afkweek.



Foto 4 Einde afkweek bij Quincy.

De teeltduur tot veilingklare planten was 2 weken korter voor planten die 8 weken bij 22°C hebben gestaan, en 1 week korter voor planten die 4 weken bij 22°C hebben gestaan. Dit waarschijnlijke temperatuur effect moet wel meegenomen worden bij het voordeel van het gebruik van stuurlicht bij de bloei-inductie.

Bij het oogsten van veiling-klare planten werd ook de (langste) taklengte van elke plant gemeten (Tabel 6). Daarin is het duidelijk dat de planten van beide cultivars die gedurende een periode van 8 weken (de gehele inductieperiode) gekoeld zijn, de kortste takken hadden. Afhankelijk van de cultivar, kan dit zowel een gewenste of ongewenste eigenschap zijn. De taklengtes in de overige behandelingen geven geen indicatie aan in hoeverre de taklengte door temperatuur danwel licht bepaald werd, al lijkt temperatuur een sterker effect te hebben, vooral bij Quincy.

Tabel 6

De taklengte (gemiddelde ± SE) van de cultivars Quincy en Red Stones onder de verschillende temperatuur- en belichtingbehandelingen.

Behand.	Inductieperiode 1		Inductieperiode 2		Taklengte (cm)	
	Temp.	Belichting	Temp.	Belichting	Quincy	Red Stones
1	19°C	SON-T	19°C	SON-T	52.1 ± 0.9	47.7 ± 0.5
2	19°C	SON-T+VR	19°C	SON-T+VR	51.9 ± 0.9	47.8 ± 0.6
3	22°C	SON-T	22°C	SON-T	58.5 ± 0.9	50.1 ± 0.5
4	22°C	SON-T+VR	22°C	SON-T+VR	59.6 ± 0.8	49.3 ± 0.6
5	19°C	SON-T	22°C	SON-T	56.2 ± 0.8	51.3 ± 0.4
6	19°C	SON-T+VR	22°C	SON-T	55.1 ± 0.9	49.6 ± 0.5
7	19°C	SON-T+VR	22°C	SON-T+VR	56.3 ± 0.8	47.8 ± 0.5
8	19°C	SON-T	22°C	SON-T+VR	58.2 ± 0.8	47.7 ± 0.6

3.3.3 Discussie effect lichtkleuren en knopuitloop

In Tabel 7 hieronder is het relatieve aantal bloemtakken in 6 van de behandelingen weergegeven, en zodanig gerangschikt dat er beter onderscheid gemaakt kan worden in de koeling en stuurlicht behandelingen gedurende beide inductieperioden (eerste 8 weken in totaal). De behandeling met alleen SON-T licht wordt hier 'rood' genoemd, en de behandeling met SON-T+verrood licht wordt hier 'verrood' genoemd omdat deze beide kleuren hoofdverantwoordelijk zijn voor het geobserveerde effect. Hier komt een redelijke consistent beeld naar voren: Een koelperiode (19°C, koeling) van 8 weken resulteert altijd in een hoog percentage meertakkers, zowel bij Red Stones als bij Quincy. Dit betekent dat acht weken koeling werkt ongeacht de lichtkleur!

Acht weken rood resulteert altijd in een hoog percentage meertakkers ongeacht de temperatuur!

Een koelperiode van tenminste 4 weken (inductieperiode 1) resulteert ook in een hoog percentage meertakkers, behalve wanneer de planten in de 2^e vier weken zijn belicht met SON-T + verrood.

Tabel 7

Samenvatting van de belangrijkste resultaten van de temperatuur- en lichtbehandelingen bij de cultivars Quincy en Red Stones.

	Inductieperiode 1		Inductieperiode 2		Quincy 2+3-takkers (%)	Red Stones % 3+4-takkers (%)
	Temperatuur	Belichting	Temperatuur	Belichting		
1	Koeling	Rood	Koeling	Rood	92	32
3	Geen koeling	Rood	Geen koeling	Rood	92	34
5	Koeling	Rood	Geen koeling	Rood	90	30
2	Koeling	Verrood	Koeling	Verrood	94	42
4	Geen koeling	Verrood	Geen koeling	Verrood	81	21
7	Koeling	Verrood	Geen koeling	Verrood	80	22
6	Koeling	Verrood	Geen koeling	Rood	92	32
8	Koeling	Rood	Geen koeling	Verrood	82	12

Rood licht induceert meertakkers als er wel of niet gekoeld wordt in inductieperiode 1, maar ook als er niet gekoeld wordt in inductieperiode 2. Rood licht induceert dus meertakkers onafhankelijk van koeling. Wanneer planten worden belicht met SON-T + verrood, is dat minder effectief voor de productie van meertakkers zonder een inductiefase van 8 weken bij 19°C. Hierdoor blijkt dat licht met een hoge PSS-waarde (relatief veel rood licht) planten net zo stimuleert tot de productie van meertakkers als de koelfase dat doet. Dit suggereert dat de productie van de planthormonen cytokinine en mogelijk ook gibberelline gerealiseerd kan worden zowel door een koelperiode als met licht met een hoge PSS-waarde. Echter, belichten met een PSS van 0.7 resulteert in de vorming van bloemtakken, met andere woorden, de planten worden sowieso generatief. Dat betekent dat meerdere factoren een rol spelen bij het induceren en uitlopen van bloemtakken.

Dit leidt tot de volgende conclusies over knopuitloop bij Phalaenopsis:

1. Doordat bij alle planten er ongeacht de lichtkleur knoppen uitgelopen zijn, lijkt de verlaging van teelttemperatuur voldoende te zijn om de planten generatief te maken. De knoprust bij Phalaenopsis lijkt dus op opgelegde knoprust door omgevingsfactoren (eco-dormancy).
2. Om van generatieve planten zoveel mogelijk knoppen uit te laten lopen (percentage meertakkers zo hoog mogelijk te maken), dient óf de temperatuur laag (behandeling 1 en 2) te zijn, óf voldoende rood licht aanwezig te zijn (behandeling 3). Dit kan als volgt worden verklaard:
 - a. Door een relatief te hoge temperatuur tijdens knopuitloop groeit de eerste knop snel uit en wordt dominant ten opzichte van de 2^e en/of 3^e knop (para-dormancy: de eerste knop onderdrukt de uitloop van de volgende knoppen), hierdoor daalt het percentage meertakkers (behandeling 4).
 - b. Door het verrode licht wordt de dominantie van de eerste knop versterkt, hierdoor daalt het percentage meertakkers (behandeling 4) en door het rode licht wordt juist de dominantie van de eerste knop verzwakt en stijgt het percentage meertakkers (behandeling 3).
3. De beide wisselbehandelingen met temperatuur en lichtkleur (5-8) maken duidelijk dat de 2^e vier weken belangrijk zijn voor de verhoging van het percentage meertakkers:
 - a. Door rode licht te geven in de 2^e vier weken wordt de dominantie van de eerste knop verzwakt; hierdoor stijgt het percentage meertakkers (behandeling 5 en 6)
 - b. Door het verrode licht in de 2^e vier weken wordt de dominantie van de eerste knop versterkt, hierdoor daalt het percentage meertakkers (behandeling 7 en 8).

Samengevat: De knoprust bij Phalaenopsis lijkt eco-dormancy (knoprust door hoge temperatuur) te zijn. Op het moment dat er door temperatuursverlaging knoppen gaan uitlopen speelt het proces para-dormancy. Deze paradormancy kan verkleint worden door rood licht en/of een lage temperatuur te geven.

4 Conclusies & Discussie

1. Na 4 weken bloei-inductie (inductie 1) werden meer bloemtakken geteld bij beide cultivars bij een inductie temperatuur van 22°C (geen koeling). Er werden ook meer bloemtakken geteld aan planten belicht met SON-T lampen dan met SON-t + verrood licht. Hiermee wordt gesuggereerd dat de inductie van bloemtakken gestimuleerd wordt door zowel licht met een hogere PSS-waarde (rood licht) als door een hogere temperatuur. Daarentegen is het ook goed mogelijk dat de takken sneller ontwikkelde bij een hogere temperatuur. De bloemtakken worden in ieder geval eerder herkend als zodanig na 4 weken bij deze behandelingen. Stimulering van het aantal bloemtakken door middel van rood licht betekent dat hypothese 1 lijkt te kloppen. Opgelegde knoprust wordt doorbroken door te sturen op actief fytochroom B. Maar deze hypothese kan alleen volledig aangenomen worden als er zonder koeling en met belichting van SON-T+verrood helemaal geen bloemtakken gevormd zouden worden. Maar dat is in dit experiment niet het geval. Bloei-inductie is dus gecompliceerder dan gesteld in bovenstaande hypothese.
2. Een koelperiode van 8 weken (inductie 1 en 2) resulteert altijd in meer meertakkers bij beide cultivars (ongeacht de lichtkleur). Hiermee wordt de hormoonbalans kennelijk zodanig gestuurd richting cytokinine dat er meer bloemtakken zijn geproduceerd. Telers stellen een koelperiode in van 6-9 weken, vooral afhankelijk van de tijd van het jaar. Een koelperiode van 8 weken in het voorjaar/ de vroege zomer zoals in dit experiment is gebeurd, blijkt voldoende lang om een hoog percentage meertakkers te produceren.
3. Licht met een hoge PSS-waarde (rood licht) resulteert altijd in een groter aantal meertakkers, onafhankelijk van een koelperiode van 0, 4 of 8 weken. Blijkbaar is rood licht in staat de hormoonbalans voldoende te sturen via activering van fytochroom B waardoor meer bloemtakken worden geproduceerd. In het najaar worden in de praktijk vaker voortakken gesignaleerd, en dit zou een gevolg kunnen zijn van het gebruik van SON-T lampen, weliswaar om de lichtsom te verhogen, maar wel met het gevolg van licht met een hogere PSS-waarde dat de productie van bloemtakken stimuleert. In het najaar zou voortakken mogelijk tegen gegaan kunnen worden door gebruik te maken van de schemering (met een hoger verrood gehalte), dus door zonder de SON-T-lampen de nacht natuurlijk in te gaan.
4. Licht met een lage PSS-waarde (relatief meer verrood licht) verlaagt het percentage meertakkers als de planten geen koelperiode hebben gehad. Dat betekent dat hypothese 2 verworpen kan worden (interne knoprust die doorbroken kan worden door te sturen op actief fytochroom A). Ook hypothesen 3a en 3b worden hiermee verworpen, waarbij interne knoprust doorbroken moet worden in de eerste fase van de inductie en bloem-inductie in de tweede fase van de inductie. Licht met een lagere PSS-waarde zoals in dit experiment is toegepast komt meer overeen met natuurlijk zomerlicht. Met dit licht is er minder risico voor de ontwikkeling van voortakken, maar ook de stimulering van bloemtakken wordt minder gestimuleerd. Mogelijk kan dit (deels) voorkomen worden door de schermen te sluiten tijdens de schemering, waardoor er langer een hogere rood gehalte in het zonlicht aanwezig blijft.
5. De taklengte bij veilingklare planten is het kortste bij planten die gedurende 8 weken gekoeld zijn. De langere tak kan een nadeel zijn van het niet of minder koelen tijdens de inductie-periode. Hiervoor moet een teelt-technische oplossing gezocht worden in de afstemming van afkweek-duur en de te hanteren temperatuur. Mogelijk is 22°C nog té hoog. Wel was deze behandeling 2 weken eerder veilingklaar.
6. Het doel van het experiment was het vervangen (of verkorten) van de koelfase van Phalaenopsis met behulp van stuurlicht. In dit experiment is aangetoond dat de koelfase van 19°C vervangen kan worden door gebruik van SON-T licht (rood) en een temperatuur van 22°C.

Mogelijkheden voor de winterseizoen: Tuinders belichten Phalaenopsis met name in de herfst, winter en het vroege voorjaar met SON-T: dit leidt tot een hogere PSS-waarde vergeleken met zonlicht. Zij verwarmen de kas voor de opkweek en laten het vanzelf koeler worden voor de bloei-inductie. Het is daardoor eenvoudig om de koeling te realiseren in het najaar/winter t.b.v. bloei-inductie. Het kost bijna niets in deze periode.

Voor wat betreft de opkweekfase in het najaar/winter zou licht met een lagere PSS waarde (meer verrood licht) gebruikt kunnen worden om planten vegetatiever te laten groeien. In dat geval zou opkweektemperatuur niet zo hoog te hoeven zijn, b.v. ca. 22-24°C, waardoor minder energie nodig zou zijn om de kas te verwarmen. Dit is in dit experiment echter niet onderzocht en verder onderzoek zal moeten uitwerken of dit inderdaad tot energiebesparing leidt bij gelijkblijvend kwaliteit.

Mogelijkheden voor de zomerseizoen: In de zomer wordt weinig assimilatiebelichting gebruikt. Licht is dan voornamelijk afkomstig van de zon en heeft een PSS waarde van 0.7, dus met een relatief hoge verrood gehalte. De resultaten uit dit experiment laten zien dat er niet gekoeld hoeft te worden tot 19°C om bloemtakken te induceren.

In plaats daarvan zou het licht aangepast kunnen worden, door b.v. verhoging van de PSS waarde door rode lampen (SON-T of rode LEDS) of het wegfilteren van verrood licht uit zonlicht met een kleur-selectieve scherm. Bloei-inductie zou gewoon plaats kunnen vinden in de 'afkweek kas' bij ca. 22-24°C. Dat zou betekenen dat er bloei geïnduceerd kan worden zonder de (kostbare) koeling in de zomer. Tijdens de opkweekfase is het dan niet of nauwelijks nodig om (licht) aanpassingen bij Phalaenopsis te treffen.

Meer seizoensspecifieke onderzoek is nodig om de grenzen van temperatuur en PSS tijdens opkweekfase en bloei-inductie vast te stellen.

5 Referenties

- Blanchard MG, Runkle ES. 2008.
Benzyladenine promotes flowering in *Doritaenopsis* and *Phalaenopsis* orchids. *Journal of Plant Growth Regulation* 27: 141-150.
- Chen WS, Liu HY, Liu ZH, Yang L, Chen WH. 1994.
Gibberellin and temperature influence carbohydrate content and flowering in *Phalaenopsis*. *Physiologia Plantarum* 90: 391-395.
- Chen W-H, Tseng Y-C, Liu Y-C, Chuo C-M, Chen P-T, Tseng K-M, Yeh Y-C, Ger M-J, Wang H-L. 2008.
Cool-night temperature induces spike emergence and affects photosynthetic efficiency and metabolizable carbohydrate and organic acid pools in *Phalaenopsis aphrodite*. *Plant Cell Reports* 27: 1667-1675.
- Dueck T, Hogewoning S, Pot S, Meinen E, Trouwborst G & Kempkes F. 2014.
Stuurlicht in de Glastuinbouw: kansen voor energiebesparing? Rapport Wageningen UR Glastuinbouw.
- Hsiao Y-Y, Pan Z-J, Hsu C-C, Yang Y-P, Hsu Y-C, Chuang Y-C, Shih H-H, Chen W-H, Tsai W-C, Chen H-H. 2011.
Research on orchid biology and biotechnology. *Plant and Cell Physiology* 52: 1467-1486.
- Kataoka K, Sumitomo K, Fudano T, Kawase K. 2004.
Changes in sugar content of *Phalaenopsis* leaves before floral transition. *Scientia Horticulturae* 102: 121-132.
- Kromwijk A. 2003.
Voorkomen van voortakken bij *Phalaenopsis*. Invloed kastemperatuur op voortakken *Phalaenopsis*. PPO - rapport GT12050.
- Lopez RG, Runkle ES. 2005.
Environmental physiology of growth and flowering of orchids. *HortScience* 40: 1969-1973.
- Qin Q, Kaas Q, Zhang C, Zhou L, Luo X, Zhou M, Sun X, Zhang L, Paek K-Y, Cui Y. 2012.
The cold awakening of *Doritaenopsis* 'Tinny Tender' orchid flowers: the role of leaves in cold-induced bud dormancy release. *Journal of Plant Growth Regulation* 31: 139-155.
- Runkle E. 2010.
Environmental and hormonal regulation of flowering in *Phalaenopsis* orchids: a mini review. I International Orchid Symposium 878: 263-267.
- Su W-R, Chen W-S, Koshioka M, Mander LN, Hung L-S, Chen W-H, Fu Y-M, Huang K-L. 2001.
Changes in gibberellin levels in the flowering shoot of *Phalaenopsis hybrida* under high temperature conditions when flower development is blocked. *Plant Physiology and Biochemistry* 39: 45-50.
- Wang W-Y, Chen W-S, Chen W-H, Hung L-S, Chang P-S. 2002.
Influence of abscisic acid on flowering in *Phalaenopsis hybrida*. *Plant Physiology and Biochemistry* 40: 97-100.

Bijlage I. Overzicht van de behandelingen

Overzicht behandelingen in kassen (en het aantal weken in een bepaalde kas)			
koude kas SONT		afkweek SONT	
1: wk 1-8		1: wk 9-16	
5: wk 1-4		2: wk 9-16	
8: wk 1-4		3: wk 9-16	
8.2 m2		4: wk 9-16	
		5: wk 9-16	
		6: wk 9-16	
		7: wk 9-16	
		8: wk 9-16	
		19 m2	
koude kas SONT+VR		afkweek SONT+VR	
2: wk 1-8		4: wk 1-8	
6: wk 1-4		7: wk 5-8	
7: wk 1-4		8: wk 5-8	
8.2 m2		8.2 m2	

Aantal planten in de afdelingen van beide cultivars:

Periode	1.08 (19 C, SONT)	1.07 (19 C, SONT+VR)	9.04 (22 C, SONT)	9.04 (19 C, SONT+VR)
Week 1-4	185 cv 1	185 cv 1	85 cv 1	85 cv 1
	150 cv 2	150 cv 2	50 cv 2	50 cv 2
Week 5-8	70 cv 1	70 cv 1	170 cv 1	170 cv 1
	50 cv 2	50 cv 2	150 cv 2	150 cv 2
Week 9-16			400 cv 1	
			400 cv 2	

Bijlage II. Gemiddelde condities per behandeling

Behandeling	Periode	Kas temp (°C)	CO ₂ (ppm)	RH (%)	VD (g/m ³)	PARsom (mol/m ² /dag)
1	hele teelt	21.17	521	67	6.18	7.59
	wk 1-4	19.45	567	69	5.24	7.62
	wk 4-8	19.26	540	65	5.70	7.78
	wk 1-8	19.35	553	67	5.48	7.70
	afkweek (wk 9-einde)	22.75	493	68	6.78	7.49
2	hele teelt	21.18	478	67	6.26	7.15
	wk 1-4	19.51	470	67	5.55	7.53
	wk 4-8	19.27	453	65	5.77	7.69
	wk 1-8	19.39	461	66	5.67	7.61
	afkweek (wk 9-einde)	22.75	493	68	6.78	6.74
3	hele teelt	22.54	506	66	6.94	7.25
	wk 1-4	21.73	526	63	7.17	7.81
	wk 4-8	22.65	515	67	6.71	7.60
	wk 1-8	22.20	521	65	6.94	7.70
	afkweek (wk 9-einde)	22.93	489	67	6.94	6.74
4	hele teelt	22.54	506	66	6.94	7.65
	wk 1-4	21.73	526	63	7.17	7.98
	wk 4-8	22.65	515	67	6.71	7.69
	wk 1-8	22.20	521	65	6.94	7.83
	afkweek (wk 9-einde)	22.93	489	67	6.94	7.44
5	hele teelt	21.97	515	68	6.42	7.15
	wk 1-4	19.45	567	69	5.24	7.62
	wk 4-8	22.65	515	67	6.71	7.60
	wk 1-8	21.08	541	68	5.99	7.61
	afkweek (wk 9-einde)	22.75	493	68	6.78	6.74
6	hele teelt	21.98	492	67	6.49	7.10
	wk 1-4	19.51	470	67	5.55	7.53
	wk 4-8	22.65	515	67	6.71	7.60
	wk 1-8	21.11	493	67	6.14	7.57
	afkweek (wk 9-einde)	22.85	490	68	6.82	6.65
7	hele teelt	21.98	492	67	6.49	7.51
	wk 1-4	19.51	470	67	5.55	7.53
	wk 4-8	22.65	515	67	6.71	7.69
	wk 1-8	21.11	493	67	6.14	7.61
	afkweek (wk 9-einde)	22.85	490	68	6.82	7.41

Behandeling	Periode	Kas temp (°C)	CO ₂ (ppm)	RH (%)	VD (g/m ³)	PARsom (mol/m ² /dag)
8	hele teelt	21.97	515	68	6.41	7.53
	wk 1-4	19.45	567	69	5.24	7.62
	wk 4-8	22.65	515	67	6.71	7.69
	wk 1-8	21.08	541	68	5.99	7.65
	afkweek (wk 9-einde)	22.85	490	68	6.82	7.41

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



Wageningen UR Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wageningenur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1343

Wageningen UR Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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.