

Energiebesparing trekheesters door bloeistimulering met stuurlicht?



Juli 2015

S.W. Hogewoning, G. Trouwborst (Plant Lighting B.V.),
J.A.M. Kromwijk, B.A. Eveleens (WUR glastuinbouw)

Energiebesparing trekheesters door bloestimulering met stuurlicht?

Juli 2015

S.W. Hogewoning¹, G. Trouwborst¹, J.A.M. Kromwijk² en B.A. Eveleens².

¹Plant Lighting B.V.
Veilingweg 46
3981 PC Bunnik
info@plantlighting.nl
+31 (0)30 75 12 069

²WUR Glastuinbouw
Violierenweg 2
2665 MV Bleiswijk

REFERAAT

S.W. Hogewoning, G. Trouwborst, J.A.M. Kromwijk² en B.A. Eveleens². 2015. Energiebesparing trekheesters door bloeistimulering met stuurlicht? Plant Lighting B.V., Bunnik. 29p.

Projectnummer programma Kas als Energiebron: 15045



Ministerie van Economische Zaken



© 2015 Plant Lighting B.V.

Dit rapport is tot stand gekomen in samenwerking met het ministerie van Economische Zaken en LTO Glaskracht Nederland in het kader van het programma Kas als Energiebron, ter stimulering van energiebesparende maatregelen in de tuinbouw. De resultaten mogen vrij gebruikt worden, mits de bronnen worden vermeld.

Plant Lighting B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen als gevolg van gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Inhoudsopgave

SAMENWERKENDE PARTIJEN.....	5
SAMENVATTING	6
DANKWOORD	7
1 INLEIDING EN DOELSTELLINGEN.....	8
1.1 Inleiding.....	8
1.2 Doelstelling	9
2 THEORETISCHE ONDERBOUWING STRATEGIE	10
2.1 Soorten knoprust.....	10
2.2 Knoprust in relatie tot stuurlicht.....	11
2.3 Aansturing van fytochroom A	12
3 MATERIAAL EN METHODEN	14
3.1 Behandelingen	14
3.2 Gebruikte lichtspectra.....	15
3.3 Plantmateriaal en teelt.....	16
3.4 Metingen.....	18
4 RESULTATEN EN DISCUSSIE.....	20
4.1 Plantontwikkeling.....	20
4.2 Oogstwaarnemingen.....	21
5 DISCUSSIE EN CONCLUSIES.....	27
5.1 Knopuitloop bij Viburnum opulus ‘Roseum’.....	27
5.2 Conclusies.....	28
REFERENTIES	29

Samenwerkende partijen



Ministerie van Economische Zaken



Samenvatting

Inleiding

Trekheesters hebben van nature een koudeperiode nodig. Hierdoor wordt de knoprust doorbroken, waarop bij stijgende temperaturen in het voorjaar de bloemknoppen daadwerkelijk uitlopen en bloei ontstaat. In de teelt van trekheester wordt gedurende een korte periode zeer veel energie gebruikt om de knoprust te doorbreken en vroege bloei te induceren: ~30 m³ gas/m² bij sneeuwbal (*Viburnum opulus* 'Roseum') en 40 m³ gas/m² bij sering. Op basis van de literatuur is te verwachten dat dit type knoprust een zogenaamde 'endo-eco knoprust' is. In de literatuur zijn aanwijzingen gevonden dat dit type knoprust niet alleen kan worden doorbroken door een langdurige koudeperiode, maar ook door activatie van fytochroom A middels stuurlicht. Hiermee zou veel gas bespaard kunnen worden. Echter, de reactie op stuurlicht is soort specifiek en niet bekend voor *Viburnum opulus* 'Roseum'.

Proefopzet

Er zijn 6 behandelingen uitgevoerd in vier temperatuur gecontroleerde kascompartimenten. Eén compartiment met een standaard hoge teelttemperatuur en drie met een lagere temperatuur. In twee kascompartimenten werd op verschillende manieren stuurlicht gegeven om na te gaan of dit een positieve rol in de trekduur kan spelen. Details staan in onderstaande tabel.

Details van de behandelingen.

Kas	behandeling	Temperatuur (°C)	Type belichting	Tijd lampen aan	fotoperiode
1	Controle koel	23/20 D/N	geen, natuurlijke dag		~8 uur
2	Controle warm	30/20 D/N	geen, natuurlijke dag		~8 uur
3	dagverlenging LED	23/20 D/N	LED rood/ blauw	3:30-10:00 en 15:30 -20:00	16.5 uur
3	dagverlenging LED	23/20 D/N	LED wit 'breedband'	3:30-10:00 en 15:30 -20:00	16.5 uur
4	dagvervroeging SON-T	23/20 D/N	SON-T	0:00-11:00	~16.5 uur
4	dagvervroeging SON-T	23/20 D/N	SON-T + blauw (kwalitatieve indruk)	0:00-11:00 uur	~16.5 uur

Samenvattende conclusies

- Ook bij lagere teelttemperatuur liepen de knoppen uit. Geconcludeerd kan worden dat ofwel 23°C overdag al voldoende was om de endogene knoprust te verbreken, of dat de endogene knoprust al verbroken was.
- Stuurlicht gaf weinig tot geen trekduurverkortung. Omdat de endogene knoprust mogelijk al doorbroken was, is niet duidelijk geworden of stuurlicht dit proces al dan niet versnelt via activering van fytochroom A bij *Viburnum opulus* 'Roseum'. In ieder geval versnelt stuurlicht het doorbreken van de eco-knoprust niet significant bij dit gewas.
- Bij de hogere teelttemperatuur werd één tot anderhalve week eerder begonnen met oogsten. Het duurde bij de koelere behandelingen van 0 tot 4 dagen (belicht) tot een week (onbelicht) langer voordat >95% van de takken van goede kwaliteit geoogst was.
- Een lagere teelttemperatuur gaf een verhoging van de takkwaliteit (meerkoppers). Dit omdat meer knoppen de kans krijgen uit te lopen. Een lagere temperatuur kost minder gas. Het relatief grote aantal gebarsten knoppen in de warme behandeling vertekent het beeld mogelijk.

Dankwoord

Dit rapport bevat de resultaten van het onderzoeksproject 'Energiebesparing trekheesters door bloeistimulering met stuurlicht?'. Dit project is ondersteund door het programma 'Kas als Energiebron', gefinancierd door het Ministerie van EZ en het Productschap Tuinbouw. Dit onderzoek is gebaseerd op plantfysiologische principes, maar is qua uitvoering gericht op praktische toepassing. Uit het onderzoek zijn concrete aanbevelingen tot energiebesparing naar voren gekomen. De auteurs hopen dat die resultaten ertoe leiden dat de teelt van trekheester stappen voorwaarts kan maken.

We willen een aantal personen nog met name hartelijk bedanken voor hun bijdrage en inzet: De trekheesterkwekers Johan Buis (Mediaverdi), Ramses Rozenberg (Rozenberg V.O.F.), Pieter Wijfjes (Kwekerij P. Wijfjes), Cor en Chris Filius en de andere deelnemers aan de BCO worden bedankt voor hun positief-kritische bijdrage en financiering van de struiken. Aad Vernooij (LTO-Groeiservice) dank voor het coördineren van de BCO-bijeenkomsten en de open dag. We zijn Gonçalo Moreira Neves en collegae van Valoya zeer erkentelijk voor het beschikbaar stellen van de LED-belichting. De technische dienst en de kasmedewerkers Fred van Leeuwen, Nico van Mourik en collegae van WUR-Glas worden bedankt voor hun bijdrage aan de proef. Als laatste willen we de onderzoekscoördinatoren Dennis Medema en Leo Oprel van het programma Kas als Energiebron bedanken voor hun steun bij de totstandkoming van dit project.

Juli 2015,

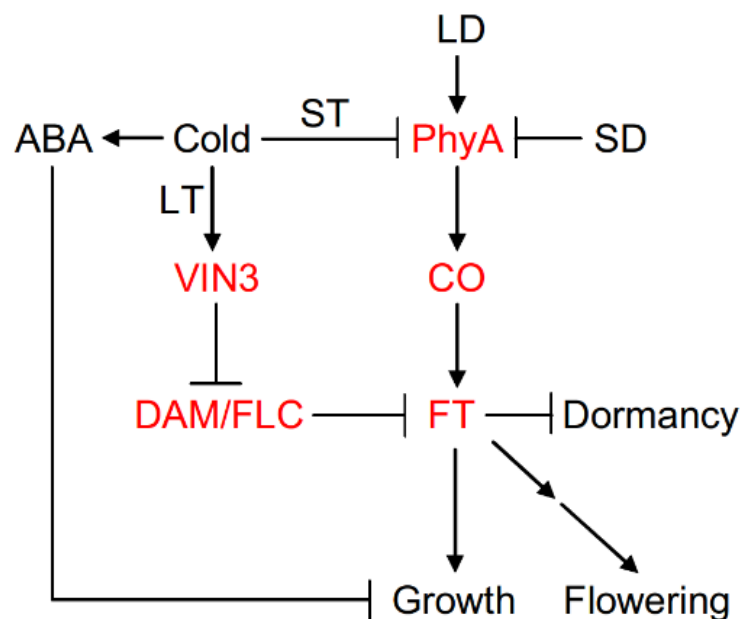
Sander Hogewoning

1 Inleiding en doelstellingen

1.1 Inleiding

Trekheesters hebben van nature een lange koudeperiode nodig. Hierdoor wordt de knoprust doorbroken, waarop bij stijgende temperaturen in het voorjaar de bloemknoppen daadwerkelijk uitlopen en bloei ontstaat. In de teelt van trekheester wordt gedurende een korte periode zeer veel energie gebruikt om vroege bloei te induceren: ~30 m³ gas/m² bij sneeuwbal (*Viburnum opulus* 'Roseum') en 40 m³ gas/m² bij sering. Het laatstgenoemde verbruik is meer dan gedurende een heel jaar in een efficiënte tomatenteelt!

Aan het begin van de winter wordt tot zeer hoge temperaturen (tot 36°C!) gestookt om de knoprust te doorbreken. Op basis van de literatuur is te verwachten dat dit type knoprust een zogenaamde 'endo-dormancy', ofwel interne knoprust is. Interne knoprust wordt na doorbreking opgevolgd door 'eco-dormancy', ofwel knoprust door omstandigheden (lage temperatuur). Zodra in het vroege voorjaar de temperatuur oploopt wordt zo'n eco-dormancy doorbroken en lopen de knoppen uit.



Figuur 1. Schematische weergave van de mogelijkheden tot opheffing van de knoprust bij overblijvende planten (vaste planten, bomen en struiken). Hierbij heeft fytochroom A (PhyA) een sleutelrol. Met het juiste stuurlicht zou dus de knoprust van trekheesters mogelijk doorbroken kunnen worden. afkortingen: LD=lange dag; SD=korte dag; ST=korte termijn koude; LT=langdurige koude; ABA=hormoon; VIN3, DAM/FLC, FT en CO zijn betrokken genen (Bron: Chao et al. 2007). Pijlen duiden op een 'open route' en haakse strepen op een 'geblokkeerde route'. Voorbeeld 1: Een lange dag (LD) activeert PhyA, waardoor de route tot activatie van CONSTANS (CO) open is, waardoor FT ook geactiveerd wordt en de route naar groei en bloei open gaat. Een korte dag (SD) blokkeert juist PhyA en daarmee de hele keten erna. Voorbeeld 2: Langdurige koude (LT) leidt tot expressie van VIN3, waardoor DAM/FLC onderdrukt wordt. Gevolg is dat de onderdrukkende werking van DAM/FLC op FT opgeheven wordt, waardoor de route naar groei en bloei open gaat.

Zoals in bovenstaande figuur schematisch weergegeven, kan knoprust worden doorbroken door een langdurige koudeperiode, maar mogelijk ook door activatie van fytochroom A. Beiden kunnen dus stimuleren dat in de knop het hormoon ABA afgebroken wordt en gibberelline wordt aangemaakt, zodat de knop kan gaan uitlopen bij voldoende warmte. De rol van temperatuur en/of licht (activatie fytochroom A) is soort-specifiek (zie hoofdstuk 2).

Het is dus te verwachten dat het gericht activeren van fytochroom A met het juiste stuurlicht het uitlopen van de knoppen kan versnellen bij bepaalde houtige gewassen. Als eenzelfde teeltcyclus van trekheesters gerealiseerd kan worden bij een minder extreem hoge temperatuur, dan is een enorme energiebesparing mogelijk in de teelt van trekheesters.

Onderzoek naar het versneld uitlopen van de knoppen door gerichte activering van fytochroom A is ook interessant om te onderzoeken voor andere gewassen, zoals snijhortensia, pothortensia, azalea, en bessenstruiken. Verdere achtergronden over knopuitloop en activering van fytochroom A staan in hoofdstuk 2.

1.2 Doelstelling

Het hoofddoel van dit project is om energie te besparen door minder te hoeven stoken bij het vroegtijdig in bloei trekken van trekheester *Viburnum opulus* 'Roseum'. Dit trachten we te bereiken door het doorbreken van de knoprust in de vroege winter te stimuleren met het juiste stuurlicht. Zo kan *Viburnum* bij lagere temperaturen in bloei getrokken worden. Gezien het enorm hoge gasverbruik in de huidige teelt lijkt 30% besparing realistisch, indien *Viburnum opulus* 'Roseum' gevoelig blijkt te zijn voor het mechanisme zoals geschetst in de paragrafen 1.1 en 2.2. Dit mechanisme wordt getoetst.

2 Theoretische onderbouwing strategie

2.1 Soorten knoprust

Vanuit de literatuur zijn er drie verschillende soorten knoprust bekend (Figuur 2). Doordat ze bij trekheester mogelijk alle drie een rol spelen, worden ze hieronder kort toegelicht:

- Opgelegde knoprust door andere plantorganen (para-dormancy of correlative inhibition)
- Opgelegde knoprust door omgevingsfactoren (eco-dormancy)
- Interne knoprust (endo-dormancy)

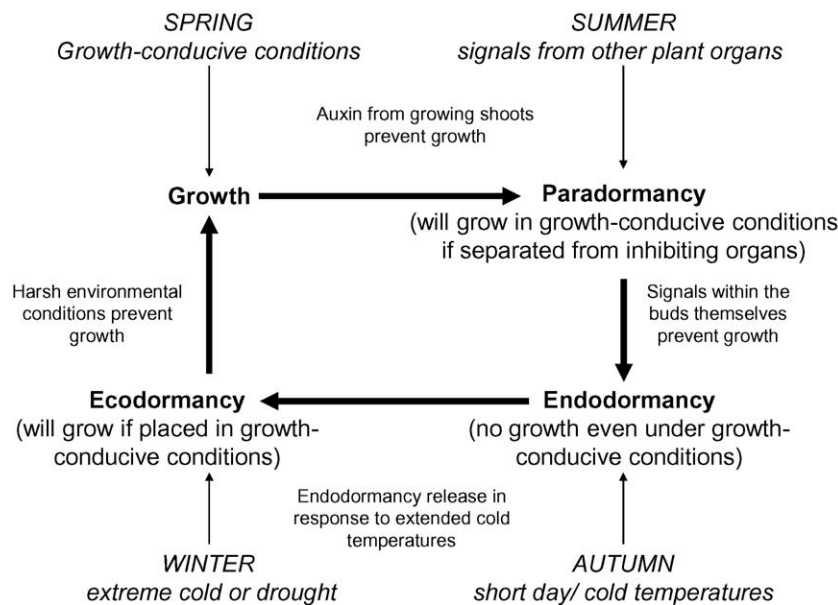
Er is sprake van opgelegde knoprust door andere plantorganen als de uitgroei van een knop wordt tegengehouden door fysiologische factoren die niet in de knop zelf plaatsvinden. Dit speelt bijvoorbeeld een rol bij het al dan niet vertakken van een plant: Een actief groeipunt kan dan dominant zijn ten opzichte van de lager gelegen okselknoppen ('apicale dominantie'), zodat deze niet uitlopen. Dit speelt bij veel tuinbouwgewassen, waaronder roos.

Er is sprake van opgelegde knoprust door omgevingsfactoren als de uitgroei van een knop alleen wordt tegengehouden door klimaatsfactoren zoals droogte of koude. Gunstigere omgevingsfactoren leiden dan tot het uitlopen van knoppen.

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 seringen).

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 (doorbreking endo-dormancy), vervolgens is er wel voldoende warmte nodig om de knoppen daadwerkelijk te doen uitlopen (doorbreking eco-dormancy). Dit lijkt bij trekheesters het geval te zijn.

Kort samengevat: In het najaar worden de dagen korter en de temperaturen lager. Dit is voor veel heesters het signaal om in rust te gaan (interne knoprust). Hormonaal gezien stijgt het ABA-niveau in de knop, waardoor de knop in rust blijft. Dankzij de langdurige koude in de winter wordt de interne knoprust verbroken, maar zolang de omstandigheden nog niet geschikt zijn om uit te lopen blijft de knop nog in rust (eco-knoprust). In het voorjaar stijgen de temperaturen en worden de dagen langer. Beide kunnen een positieve invloed hebben op het uitlopen van de knoppen. Hormonaal gezien daalt de concentratie ABA en stijgt de concentratie gibberelline en vervolgens loopt de knop uit.



Figuur 2. Schematisch overzicht van de soorten knoprust in relatie tot het jaargetijde (bron: Horvath, 2009).

2.2 Knoprust in relatie tot stuurlicht

Bij trekheesters wordt een warmtebehandeling toegepast om vervroegde doorbreking van de interne knoprust na een te korte koudeperiode te forceren. Hierbij is de vraag of stuurlicht een ondersteunende rol kan vervullen bij het uitlopen van de knoppen.

Uit de literatuur blijkt dat de inductie van de endogene knoprust soort specifiek is. Voor sommige soorten zijn er voor de inductie van knoprust alleen korte dagen nodig, of alleen koude, en in bepaalde gevallen beide. In onderstaande tabel wordt dit voor enkele soorten weergegeven.

Tabel 1. Omgevingssignalen die nodig zijn voor inductie knoprust (bron: Chao et al. 2007, Horvath et al. 2003 en Horvath, 2009).

Inductie knoprust	Soorten
Korte dagen	Populier Berk Kornoelje (<i>Cornus stolonifera</i>) Wilde druif (<i>Vitus riparia</i>) Hemelsleutel (<i>Sedum teliphium</i>)
Koude	Appel Peer Wilg (<i>Salix paraplesia</i>) Heksenmelk (<i>Euphorbia esula</i>)
Korte dagen én koude	Tamme druif (<i>Vitus</i>) Struikheide (<i>Calluna vulgaris</i>)

Het is voor te stellen dat stuurlicht wel een belangrijke rol speelt voor de inductie van knoprust maar niet of minder voor de opheffing van de knoprust en verdere uitgroei. Zo wordt bij populier de knoprust door korte dagen geïnduceerd maar de uitloop van de knoppen verloopt via temperatuur (Rohde en Bahlerao, 2007). Een andere studie (Heide, 1993ab) laat daarentegen zien dat na de koudeperiode het geven van lange dagen (middels stuurlicht) het loskomen van de knoppen versnelt bij de bomen: zachte berk (*Betula pubescens*), ruwe berk (*Betula pendula*), beuk (*Fagus sylvatica*), gewone vogelkers (*Prunus padus*), ratelpopulier (*Populus tremula*), witte els (*Alnus incana*), zwarte els (*Alnus glutinosa*) en hazelaar (*Corylus avellana*). Dit gold echter niet bij de soorten wilde lijsterbes (*Sorbus aucuparia*), framboos (*Rubus idaeus*) en haagbeuk (*Carpinus betulus*) (Heide 1993ab; Myking en Heide 1995). Heide (2011) merkt op dat in de *Rosaceae*-familie (appel, peer, lijsterbes etc.) het ontbreken van fotoperiodische sturing van knoprust wijd verbreid is en dat inductie en uitloop vooral temperatuur-gestuurd blijkt. De vogelkers (ook een *Rosaceae*) is blijkbaar een uitzondering.

Als laatste, Bassler and Korner (2014) laten zien dat bij beuk, fijnspar en wintereik (*Fagus sylvatica*, *Picea abies* en *Quercus petraea*) een lange dag een positieve rol speelt bij de snelheid van knopuitloop, maar niet bij de gewone esdoorn (*Acer pseudoplatanis*). Zij komen tot de conclusie dat een lange dag een positieve rol speelt in de fase van eco-knoprust, en niet gedurende de fase van endogene knoprust, waar alleen koude voor doorbreking nodig is.

2.3 Aansturing van fytochroom A

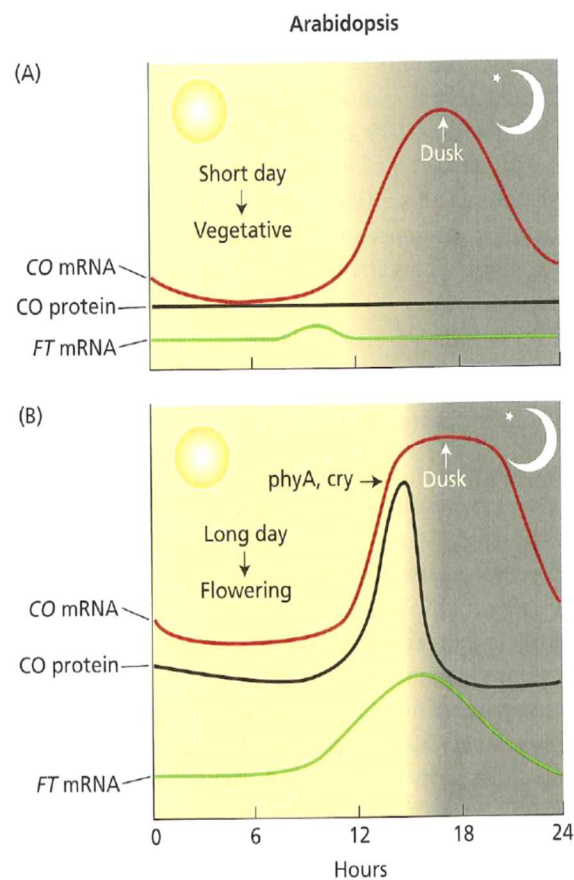
Uit Figuur 1 blijkt dat fytochroom A een sleutelrol zou kunnen vervullen in de opheffing van knoprust. Deze lichtreceptor is onder andere verantwoordelijk voor het effect van daglengte en speelt een cruciale rol bij de bloei van lange dag planten (zie toelichting bij Figuur 3). Om fytochroom A effectief aan te sturen zijn er kort gezegd de volgende zaken nodig:

- Voldoende lange dagen
- Gedurende de laatste uren van de dag de juiste spectrale samenstelling van het licht
 - o Combinatie van rood en verrood nodig
- Voldoende hoge dosis licht nodig
 - o dosis is bekend bij bladplanten

In het rapport 'Stuurlicht bij de tijd' (Trouwborst *et al.* 2013) wordt dieper ingegaan op de aansturing van fytochroom A. In het rapport 'Belichting, CO₂ en stuurlicht in de lelieteelt' (Hogewoning *et al.* 2014) wordt het effect van aansturing van fytochroom A op bloeisnelheid toegelicht.

Voor trekheester *Viburnum opulus* 'Roseum' zijn er twee potentiële risico's met betrekking tot het gebruik van stuurlicht:

- Het is de vraag of bij trekheester *Viburnum opulus* 'Roseum' de knopuitloop überhaupt reageert op dagverlenging via fytochroom A
 - wellicht reageert de ene trekheestersoort wel en de andere niet
- Trekheesters in rust zijn bladloos. De lichtdosis voor belichting van knoppen is onbekend.



Figuur 3. Bloei bij de lange dag plant *Arabidopsis*. Regulatie van het CONSTANS-gen op het niveau van mRNA en proteïnen. De rode lijn geeft de klokgestuurde expressie van CONSTANS-mRNA weer. De zwarte lijn geeft de concentratie CONSTANS-eiwit weer. Tijdens korte dagen vindt de expressie van CONSTANS-mRNA voornamelijk 's nachts plaats waardoor de concentratie van het CONSTANS-eiwit niet toeneemt. Op lange dagen neemt de genexpressie in de middag toe. Dankzij de fotoreceptor fytochroom A, dat alleen bij lange dagen actief is, en de fotoreceptor cryptochroom dat reageert op blauw licht, wordt het geproduceerde eiwit niet afgebroken. Door de accumulatie van het CONSTANS-eiwit ontstaat er een signaal voor bloeisturing: FT-mRNA (bron: Taiz en Zeiger, 2010; Lagercrantz, 2009).

3 Materiaal en methoden

3.1 Behandelingen

Op basis van de doelstellingen zijn er zes behandelingen uitgevoerd in vier temperatuur gecontroleerde proefkassen van 24 m² ieder bij WUR Glastuinbouw te Bleiswijk. Tabel 2 geeft de details van de behandelingen weer.

De controle-behandeling is een teelt onder natuurlijk daglicht bij een dag/nacht temperatuur van 30/20°C (controle warm) zoals gebruikelijk in de praktijk bij een vroege trek. Hier tegenover staat een teelt onder natuurlijk daglicht bij een dag/nacht temperatuur van 23/20°C (controle koel). Bij deze teelt bestaat de kans dat de endogene knoprust niet voldoende wordt verbroken waardoor minder bloemknoppen uitlopen en/of dat deze behandeling veel trager is. De stuurlicht-behandelingen zijn ook bij een dag/nacht temperatuur van 23/20°C uitgevoerd. De RV was ingesteld op 50% (verneveling aan als RV < 50%) en het CO₂-gehalte op 500 ppm (CO₂-dosering aan als CO₂ < 500 ppm).

Vervolgens werden er in de derde proefkas twee behandelingen bijbelicht met twee typen LED-stuurlicht (LED rood/blauw en LED 'wit'). De lichtintensiteit van het lamplicht was 30 µmol/m²/s ter hoogte van de bovenkant van het gewas. De lampen brandden tussen 3:30-10:00 uur en 15:30-20:00 uur, zodat de laatste uren van de dag alleen het stuurlicht aanwezig was. LED rood/blauw is ongeschikt om fytochroom A aan te sturen terwijl LED 'wit' wel geschikt is. In deze proefkas kon dus worden getoetst of activatie van fytochroom A daadwerkelijk een snellere of betere knopuitloop geeft.

Tabel 2. Details van de behandelingen. De laatste behandeling is in een 'hoekje' van het kascompartiment met SON-T uitgevoerd om een kwalitatieve indruk te krijgen van de werking van cryptochroom op knopuitloop.

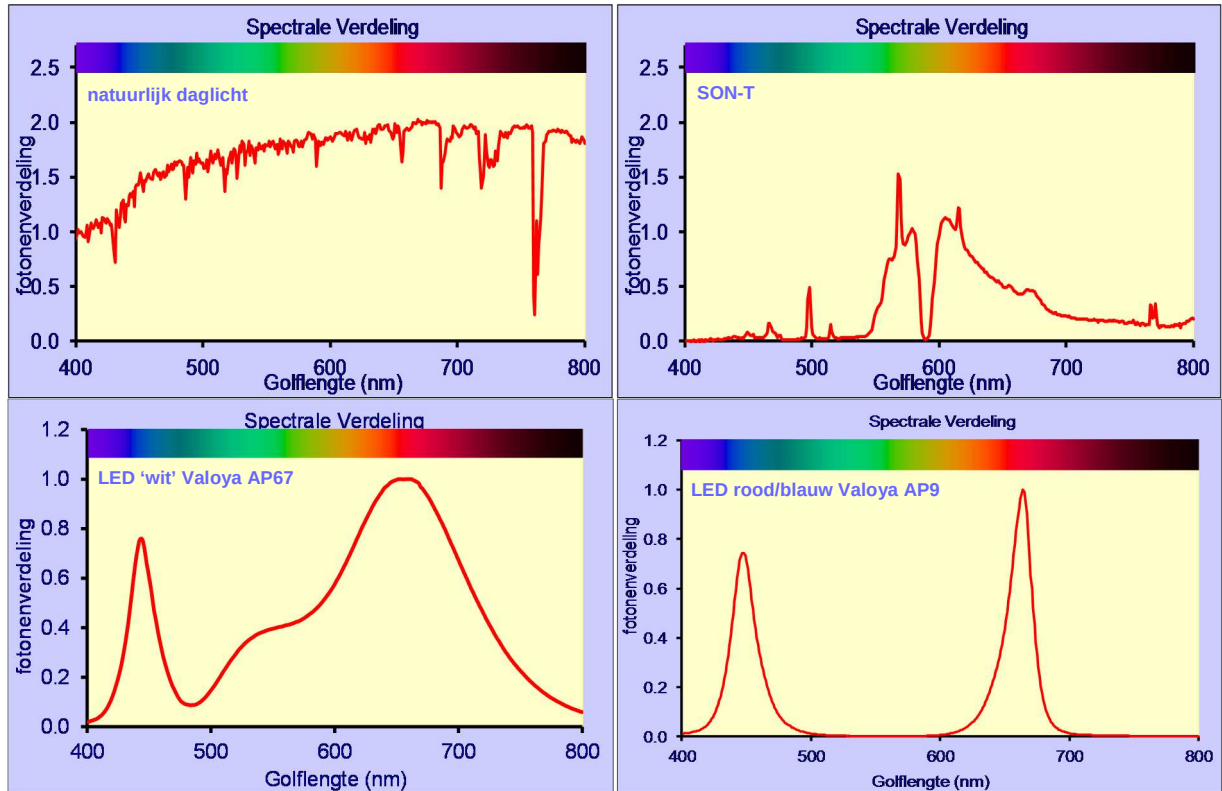
Kas	behandeling	Temperatuur (°C)	Type belichting	Tijd lampen aan	fotoperiode
1	Controle koel	23/20 D/N	geen, natuurlijke dag		~8 uur
2	Controle warm	30/20 D/N	geen, natuurlijke dag		~8 uur
3	dagverlenging met LED	23/20 D/N	LED rood/ blauw	3:30-10:00 en 15:30 -20:00	16.5 uur
3	dagverlenging met LED	23/20 D/N	LED wit 'breedband'	3:30-10:00 en 15:30 -20:00	16.5 uur
4	dagvervroeging met SON-T	23/20 D/N	SON-T	0:00-11:00	~16.5 uur
4	dagvervroeging met SON-T	23/20 D/N	SON-T + blauw (kwalitatieve indruk)	0:00-11:00 uur	~16.5 uur

Het laatste compartiment was uitgerust met SON-T belichting (30 µmol/m²/s ter hoogte van de bovenkant van het gewas). Deze lampen brandden van 0:00-11:00 uur zodat er met natuurlijk

daglicht, dat naar verwachting voldoende rood en verrood licht bevat om fytochroom A aan te sturen, de nacht in werd gegaan. Dagvervroeging is in dit geval de goedkoopste manier om stuurlicht toe te passen. In een hoek van dat compartiment werd een puur blauwe LED-lamp opgehangen ($\sim 9 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) als aanvulling op het SON-T licht. SON-T zelf straalt slechts 4 tot 5% uit in het blauwe gedeelte van het spectrum, dus ruim $1 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ blauw bij een intensiteit van $30 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. De toevoeging van blauw licht was om een *kwalitatieve* indruk te krijgen of blauw licht via aansturing van cryptochroom de knopuitloop extra bevordert (zie ook Figuur 3). Aan de uitkomsten van deze behandeling moeten niet te zware conclusies verbonden worden vanwege het beperkte aantal meetplanten en iets hogere totale lichtsom dan de andere behandelingen.

3.2 Gebruikte lichtspectra

De gebruikte lichtintensiteit stuurlicht was $\sim 30 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ ter hoogte van de bovenkant van het gewas. De lichtspectra worden weergegeven in Figuur 4. Plantfysiologisch gezien, verschillen deze spectra vooral in het aandeel verrood (700-800 nm). Van hoog naar laag is dat: natuurlijk daglicht, LED 'wit', SON-T en LED rood/blauw. De twee typen stuurlicht in de LED-afdeling waren spectraal van elkaar gescheiden door een strook wit reflecterend plastic. De blauwe LED-lamp achter in het SON-T compartiment hing dusdanig laag dat de uitstraling van het blauwe licht de telplanten onder SON-T niet verstoorde. Foto 1 geeft een impressie van de proefopzet weer.



Figuur 4. Gebruikte lichtspectra in de proef: natuurlijk daglicht (linksboven), LED 'wit' (Valoya AP67; linksonder), SON-T (rechtsboven), en LED rood/blauw (Valoya AP9; rechtsonder).

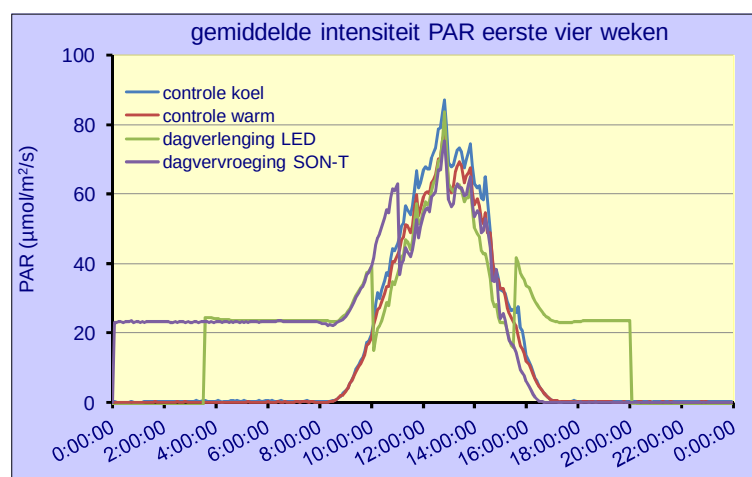


Foto 1. Impressie van de kascompartimenten met stuurlicht. Foto links: proefkas met twee typen LED-licht (LED 'wit', en LED rood/blauw). Foto rechts: proefkas met SON-T met rechtsachter de extra blauwe lamp in combinatie met SON-T. De twee typen stuurlicht in de LED-afdeling waren spectraal van elkaar gescheiden door een strook wit reflecterend plastic.

3.3 Plantmateriaal en teelt

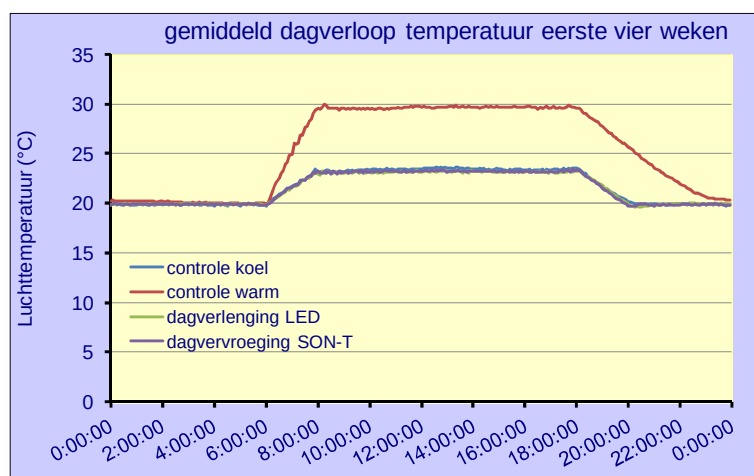
Samen met de voorzitter van de trekheester commissie van LTO Glaskracht is bij een trekheesterteler in de Kwakel een geschikte partij struiken uitgezocht als uitgangsmateriaal voor de proef. Er is een goede representatieve partij planten uitgekozen met voldoende bloemknopaanleg.

Woensdag 17 december zijn de struiken naar Bleiswijk getransporteerd. Vrijdag 19 december zijn de behandelingen in de kassen gestart. Tijdens de trek is naar behoefte met de hand water gegeven. De gerealiseerde gemiddelde lichtintensiteit (lamp- plus daglicht) gedurende de eerste vier weken van de proef is weergegeven in Figuur 5. Deze waarden zijn gemeten tussen het gewas, en zijn daardoor iets lager dan de waarden aan de bovenkant van het gewas.



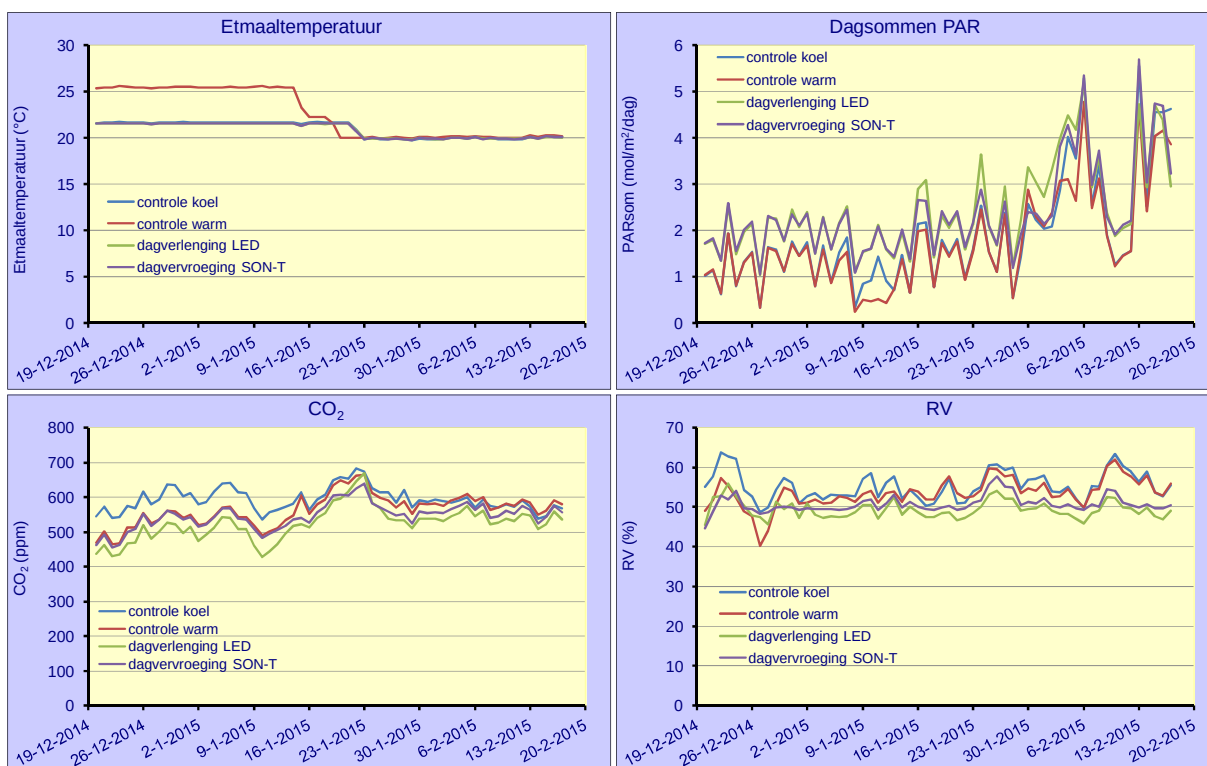
Figuur 5. Gemiddeld verloop van het lichtintensiteit over een etmaal (dag- en lamplicht bij elkaar opgeteld) gedurende de eerste vier weken van de teelt. Te zien is dat SON-T van 0:00 tot 11:00 aanstaat en LED van 3:30 tot 10:00 uur en van 15:30 tot 20:00 uur.

Tot en met 14 januari zijn de temperatuurregimes uitgevoerd zoals in Tabel 2 en Figuur 5 weergegeven. De gemiddelde etmaaltemperatuur van de warme teelt kwam gedurende die tijd uit op 25.5°C en de koele teelt op 21.5 °C.



Figuur 6. Gemiddeld verloop van de kasluchttemperatuur over een etmaal gedurende de eerste vier weken van de teelt. De gemiddelde etmaaltemperatuur was respectievelijk 25.5 en 21.5°C.

In Figuur 7 zijn de etmaaltemperatuur, de lichtsommen in PAR per etmaal en de gemiddelde CO₂ en RV per etmaal over de gehele trekperiode per kascompartiment weergegeven.



Figuur 7. Verloop van de etmaaltemperatuur, de lichtsommen in PAR per etmaal en gemiddelde CO₂ en RV per etmaal gedurende de gehele teelt. De eerste takken werden op 15 januari en de laatste takken op 18 februari geoogst.

Te zien is dat vanaf 15 januari (eerste oogstdag in warme afdeling) de teelttemperatuur in de warme afdeling stapsgewijs is verlaagd (op advies van de telers). Vanaf 23 januari was er geen temperatuurverschil meer tussen de proefkassen. Rond 30 januari kwam er ook steeds meer daglicht de kassen binnen en nam de lichtsom per etmaal toe. De stuurlichtbehandelingen kregen zo'n 1.2 mol/m²/dag licht van de lampen (~30 µmol/m²/s voor 11 uur per dag). De laatste takken werden 18 februari geoogst.

Belangrijk is nog om op te merken dat de struiken op tafels stonden (zie Foto 1) en dat de temperatuurverdeling door de sterke luchtbeweging zeer homogeen is in deze proefkassen. Hierdoor was de worteltemperatuur vrijwel gelijk aan de taktemperatuur. In de praktijk wordt vooral met bovenbuis gestookt om knoppen warm te stoken en blijft de pot koeler. Dit voorkomt te hoge worteldruk. Daardoor is de worteldruk in de proefkassen naar verwachting hoger geweest dan in de praktijk.

Op advies van de telers zijn de volgende in de praktijk gebruikelijke maatregelen genomen: Uitgelopen eindknoppen zijn weggebroken. Bij ongelijke knopuitloop zijn snel uitgelopen knoppen weggebroken, waardoor er kans is dat een kwalitatief betere bloemtak overblijft.

3.4 Metingen

Bij de oogst van de bloemtakken zijn van alle bloemtakken de volgende kenmerken waargenomen:

- Oogstdatum
- Kwaliteitsklasse waarin takken ter veiling aangevoerd zouden kunnen worden (tabel 3).
- Aantal uitgelopen bloemknoppen per bloemtak
- Lengte onder de bloemtros
- Takdikte (goed/dun)
- SPAD-waarde bladeren (mate van groenkleuring; 29 januari in alle kassen gemeten aan 10 bladeren)

Alle bloemtakken zijn geoogst en gemeten. Ook de kleine dunne bloemtakken onderin de struiken zijn geoogst en waargenomen. Deze erg dunne en korte bloemtakken kunnen meestal niet geveild worden. Daarom zijn bij de verwerking van de gegevens twee analyses gemaakt: een analyse met alle geoogste en gemeten bloemtakken (inclusief korte en dunne takken) en een tweede analyse met alleen de bloemtakken die geveild zouden kunnen worden (minimaal 40 cm en bij een lengte van 40-50 cm alleen de voldoende dikke bloemtakken). Statistische analyse van de data is uitgevoerd met SPSS waarbij planten als herhaling werden beschouwd.

Van elke behandeling zijn na de oogst 20 bloemtakken één dag in een emmer op water in een koelcel bij 4°C gezet. Vervolgens zijn de bloemen gebost, ingehoesd en 4 dagen in een koelcel bij 8°C bewaard. Na 4 dagen zijn de bloemen uitgepakt, is 5 cm van de onderkant van de steel afgeknipt en zijn de bloemen op een vaas in een houdbaarheidsruimte geplaatst om het

vaasleven te bepalen. De bloemen zijn afgeschreven op het moment dat meer dan 50% van de knoppen bruine bloemblaadjes vertoonden of wanneer de bloemen slap gegaan waren. Van de 20 bloemtakken per behandeling is het gemiddelde vaasleven (aantal dagen) en de standaardfout berekend.

Tabel 3. Verdeling van oogst over veilklassen

klasse		omschrijving
4A	4-kopper	minimaal 4 koppen paarsgewijs van gelijke grootte (VBN: min 4 cm)
4B	4-kop afwijker	minimaal 4 koppen maar ongelijke grootte of niet paarsgewijs
2A	2-kopper	minimaal 2 koppen paarsgewijs van gelijke grootte (VBN: min 4 cm)
2B	2-kop afwijker	minimaal 2 koppen maar ongelijke grootte of niet paarsgewijs
1	1-kopper	maximaal 1 kop
0	niet veilig	zittenblijvers geteld aan eind van de proef = niet veilbare takken die niets gedaan hebben

4 Resultaten en discussie

4.1 Plantontwikkeling

Foto 2 geeft een impressie weer van de plantontwikkeling op 7 en 14 januari. Op 7 januari waren er al enige scheutjes zichtbaar in de warme afdeling, deze waren pas een week later zichtbaar in de koele afdeling. Op 7 januari liep de warme afdeling dus ongeveer een week voor in gewasontwikkeling.

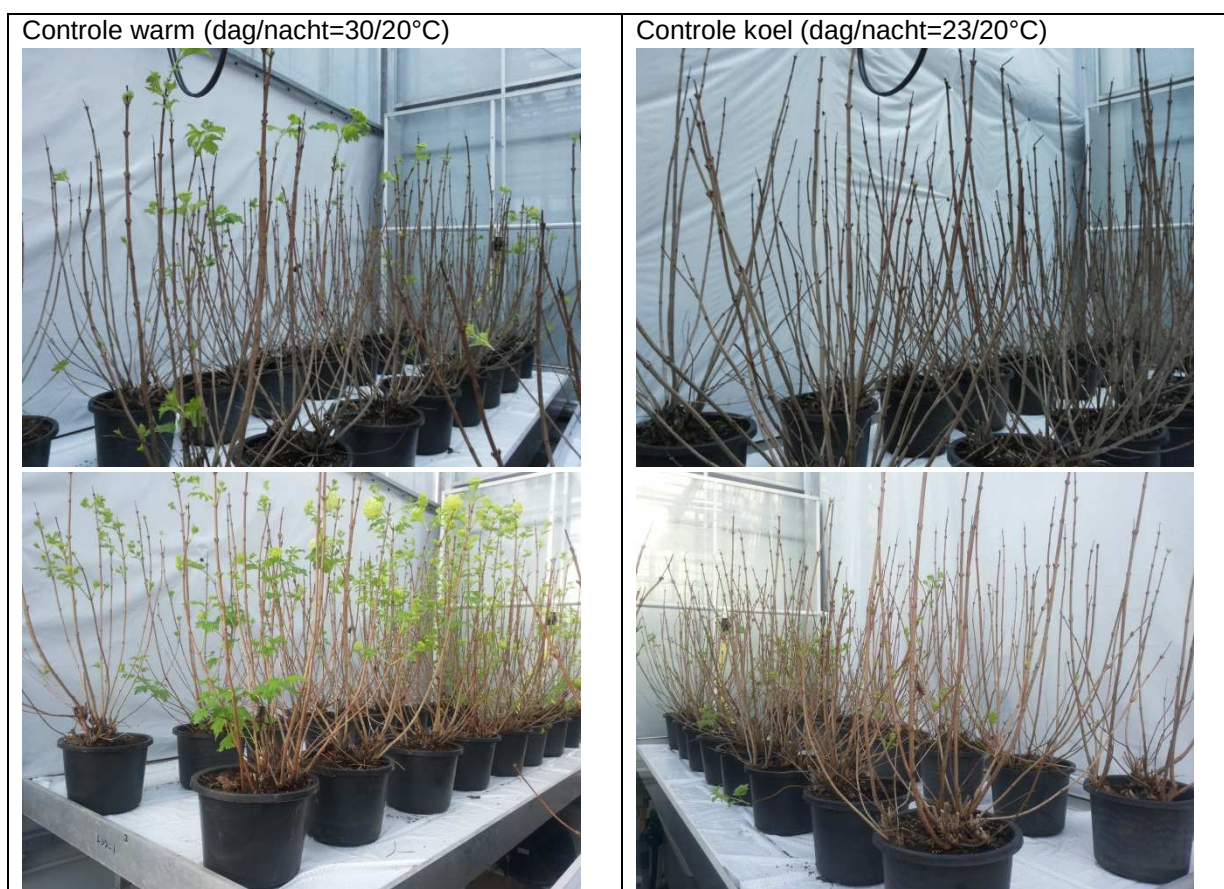


Foto 2. Impressie gewasontwikkeling op 7 januari (bovenste rij) en 14 januari (onderste rij).

4.2 Oogstwaarnemingen

4.2.1 Oogstresultaten

De belangrijkste resultaten staan weergegeven in Tabel 4, opvallende zaken worden benoemd:

- Gemiddeld over alle telplanten werden er 17.8 takken per plant geoogst (alle takken, dus inclusief korte takken en niet veilbare takken door uitblijven knopuitloop). Per plant varieerde het aantal takken van 8 tot 31, een grote variatie dus. Juist bij de behandeling SON-T+blauw licht werden slechts 13.5 takken per behandeling geoogst, wat laat zien dat deze planten niet representatief waren ten opzichte van de gemiddelde plant. Dit is nog een reden dat aan deze behandeling geen zware conclusies mogen worden verbonden. In de tabel is ook het aantal takken weergegeven dat aan bepaalde minimum kwaliteitseisen voldoet (≥ 40 cm en bij 40 tot 50 cm lengte alleen dikke takken).
- De trekduur was gemiddeld bijna een week korter voor de warme afdeling ten opzichte van de koele afdeling. Het gebruik van stuurlicht (SON-T of LED) had geen verkortend effect op de gemiddelde trekduur.
- De gemiddelde trekduur verschilde niet significant onder beide typen LED-licht. Dus de conclusie dat aansturing van fytochroom A om de knopuitloop van *Viburnum* te versnellen niet werkt, lijkt voor de hand te liggen. Echter, de knoppen bij de lagere teeltemperatuur zonder belichting liepen ook uit. Dit duidt erop dat ofwel 23°C overdag al voldoende was om de endogene knoprust te verbreken, of dat de endogene knoprust al verbroken was. Daarom is het niet duidelijk of stuurlicht doorbreking van de endogene knoprust al dan niet versnelt bij *Viburnum opulus* 'Roseum'. In ieder geval versnelt stuurlicht het doorbreken van de eco-knoprust niet significant bij dit gewas (uitzondering: SON-T + blauw, maar zoals eerder opgemerkt mogen aan deze behandeling geen zware conclusies worden verbonden).
- Het percentage veilbare takken week alleen significant af bij de warme behandeling. Hier was 26% van de takken niet veilbaar. In een vrij vroeg stadium zijn in deze behandeling knoppen gebarsten, donker verkleurd en gaan rotten (zure lucht). Dit komt in de praktijk soms ook voor en is waarschijnlijk het gevolg van overmatige worteldruk. De hoge worteltemperatuur in de proefkas (gelijk aan luchttemperatuur, terwijl de worteltemperatuur in de praktijk lager is omdat in praktijk alleen met bovenbuis wordt gestookt) en een te grote watergift voordat de knoppen uitgelopen waren, zullen hieraan naar verwachting hebben bijgedragen. De telers achtten het onwaarschijnlijk dat lagere knoppen op de takken met gebarsten knoppen nog voldoende uit kunnen lopen voor ontwikkeling van een kwalitatief goede tak; soms kunnen nog wel nog één of meer kleine bollen halverwege de tak of onderin uitlopen.
- Het gemiddelde aantal uitgelopen knoppen per tak was het laagst bij de warme behandeling, maar verschilde niet significant met het aantal uitgelopen knoppen onder LED 'wit'. Het aantal uitgelopen knoppen onder LED 'wit' was significant minder dan onder

SON-T+blauw maar verschilde niet significant met de andere behandelingen (zie ook paragraaf 4.2.3 takkwaliteit).

- De lengte onder de bloemtros varieerde maximaal 2 cm tussen de behandelingen, de beide onbelichte behandelingen hadden de langste scheuten. Toegevoegd blauw licht gaf de kortste scheuten. Minder lengte onder de bloemtros kenmerkt een betere kwaliteit.
- De bladeren van takken in de belichte behandelingen hadden een significant donkerdere kleur groen (meer chlorofyl) dan de bladeren in de onbelichte behandelingen (zie SPAD-waarde in Tabel 4)

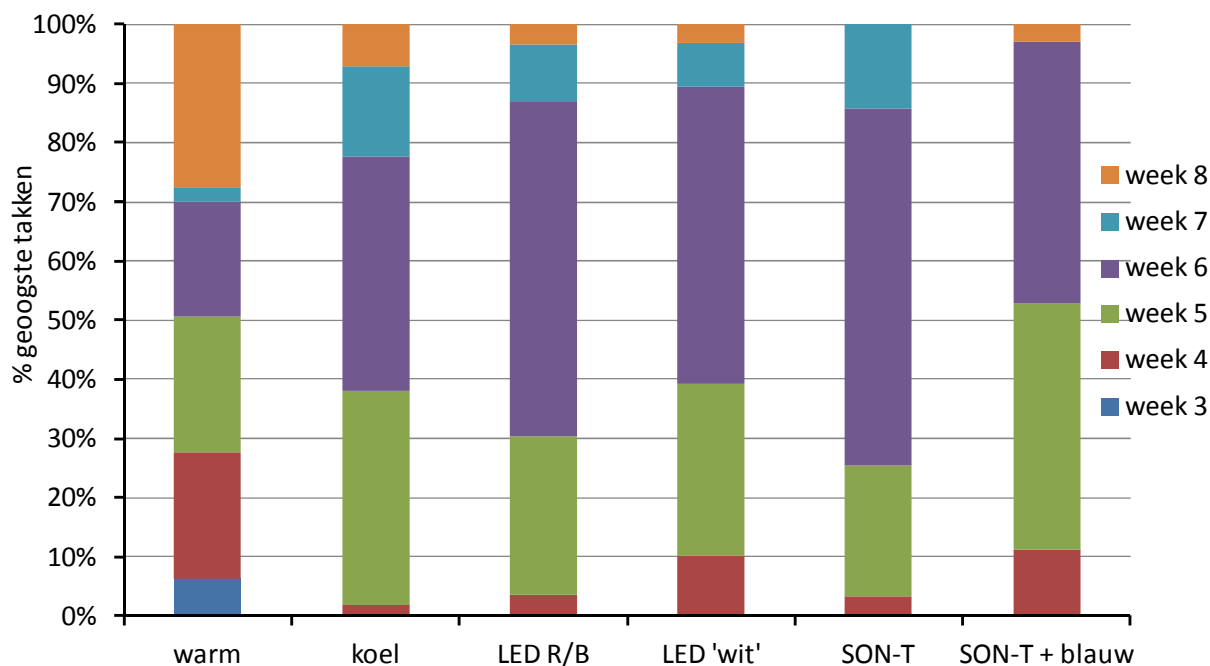
Tabel 4. Oogstresultaten *Viburnum opulus* 'Roseum'. Verschillende letters (a, b, c) geven statistisch significante verschillen tussen de gemiddelden aan (Fisher's LSD, $\alpha < 0.05$). Per behandeling staat tussen haakjes het aantal planten (n=) vermeld.

	warm (n=24)	koel (n=24)	LED R/B (n=12)	LED 'wit' (n=12)	SON-T (n=12)	SON-T + blauw (n=8)
Aantal takken/plant (alles)	17.4	19.7	16.8	18.1	18.3	13.5
Aantal takken/plant (selectie*)	12.9 ^{bc}	16.3 ^a	15.4 ^{ab}	15.7 ^{ab}	16.2 ^a	10.3 ^c
% Veilbaar	74% ^b	98% ^a	100% ^a	100% ^a	100% ^a	100% ^a
Trekduur veilbare tak (dagen)	38.7 ^c	45.1 ^a	44.4 ^a	43.0 ^{ab}	44.0 ^a	40.9 ^{bc}
Aantal uitgelopen bloemknoppen (veilbare tak)	3.3 ^c	4.2 ^{ab}	4.5 ^{ab}	3.8 ^{bc}	4.4 ^{ab}	4.7 ^a
Aantal uitgelopen bloemknoppen (selectie*)	3.4 ^c	4.5 ^b	4.6 ^{ab}	4.0 ^{bc}	4.6 ^b	5.6 ^a
Lengte onder bloemtros	11.2 ^a	10.8 ^{ab}	10.1 ^{bc}	10.4 ^{abc}	10.2 ^{abc}	9.3 ^c
SPAD-waarde (mate van groenkleuring blad)	26.6 ^b	25.3 ^b	33.2 ^a	33.7 ^a	34.1 ^a	34.4 ^a

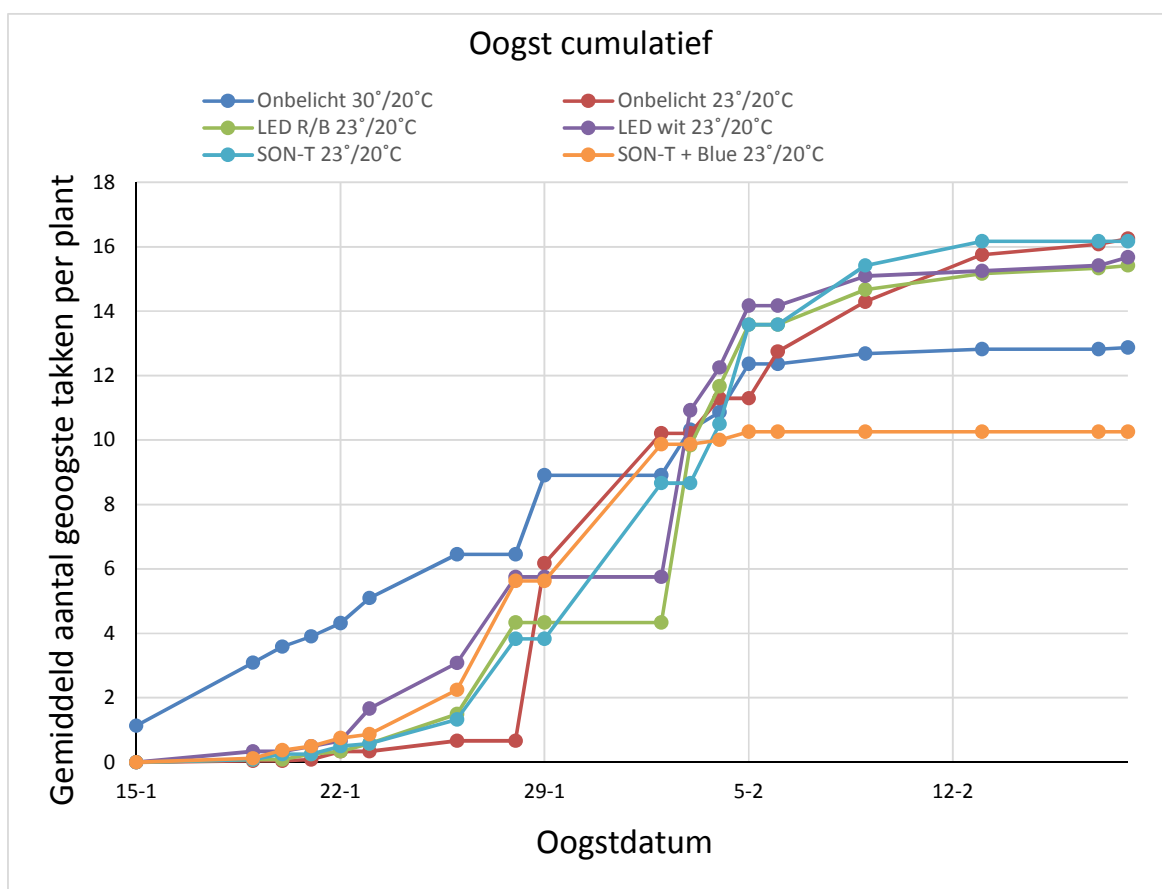
*)Selectie 'goede kwaliteit takken': alleen veilbare takken ≥ 40 cm en bij 40 tot 50 cm lengte alleen dikke takken

4.2.2 Oogstpatroon over de tijd

In Figuur 8 is te zien dat in de warme afdeling in week 3 van 2015 zo'n 6% van de takken is geoogst. Eind week 4 is in deze afdeling al 28% geoogst terwijl dit in de andere afdelingen maximaal 10% was. In week 6 wordt echter de warme afdeling door alle andere behandelingen ingehaald. De oogst in week 8 in de warme behandeling bestond grotendeels uit de takken die niet veilbaar waren (26% van de totaal geoogste takken). Dit wordt ook duidelijk in Figuur 9: Op 5 februari is in de warme afdeling >95% van alle veilbare takken geoogst. In de koele belichte afdelingen duurt het 4 dagen langer (9 februari) totdat >95% van alle veilbare takken geoogst is, met uitzondering van SON-T + blauw (2 februari >95% geoogst, maar zoals eerder opgemerkt mogen aan deze behandeling niet al te zware conclusies worden verbonden). In de koele onbelichte afdeling duurt het een week langer ten opzichte van de warme afdeling.



Figuur 8. Oogstpatroon over de tijd van alle takken. De genoemde weeknummers zijn de kalenderweken in 2015. De oogst in week 8 in de warme behandeling zijn grotendeels takken die niet veiligbaar waren.



Figuur 9. Oogst van gemiddeld aantal takken per plant cumulatief over de tijd van alle 'goede kwaliteit takken' (alleen veiligbare takken ≥ 40 cm en bij 40 tot 50 cm lengte alleen dikke takken).

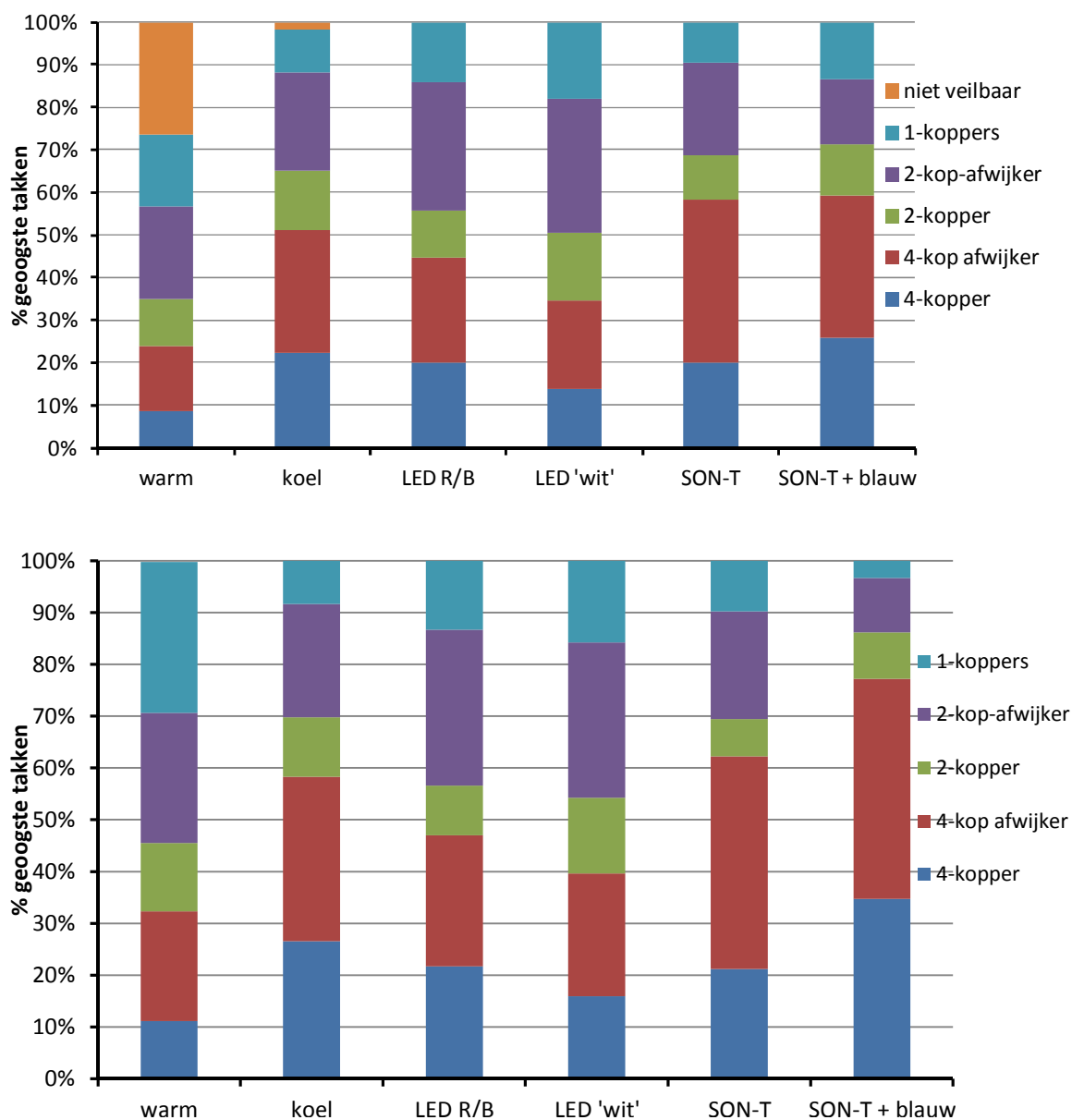
Het feit dat de warme afdeling in week 6 door alle andere behandelingen is ingehaald (Figuur 8) lijkt aan te geven dat stoken tot 30°C niet aan te bevelen valt: de energiekosten zijn hoog. De vraag is natuurlijk wat prijsvorming doet. Mogelijk rendeert dat kleine percentage wat geoogst wordt in week 3 veel meer dan wat in de latere weken wordt geoogst, of biedt de wat snellere teelt (Figuur 9) voldoende voordelen om de hogere stookkosten te kunnen verantwoorden.

Dat de knoppen bij een lagere temperatuur (met en zonder stuurlicht) toch uitlopen, suggereert dat ofwel dat 23°C overdag voldoende is geweest voor het verbreken van de endogene knoprust, ofwel dat de endogene knoprust al verbroken moet zijn geweest en dat de hoge temperatuur alleen voor een versnelde verbreking van de eco-knoprust zorgt.

4.2.3 *Veilingklassen takken en houdbaarheid*

De takkwaliteit verschilde fors per behandeling. Vooral de behandeling controle warm week af. Allereerst was 26% niet veilig, vervolgens had deze behandeling het laagste percentage vierkoppers (4 koper en 4-kopper afwijker; zie ook uitleg veilingklassen in Tabel 3 op pagina 19). Onder SON-T waren er meer 4-koppers (inclusief afwijkers) dan onder beide typen LED-licht (Figuur 10 boven). Verder zijn er geen opvallende verschillen tussen de behandelingen. In Figuur 10 onder zijn de veilingklassen per behandeling ook weergegeven voor de selectie 'goede kwaliteit takken' (veilig, alleen takken ≥ 40 cm en bij 40 tot 50 cm lengte alleen dikke takken). Ook binnen deze selectie komt de behandeling controle warm er het slechtst vanaf. De SON-T behandelingen hebben wederom relatief de meeste 4-koppers (inclusief afwijkers). In Tabellen 5 en 6 is de kwaliteitsverdeling ook met markering van statistisch significante verschillen weergegeven voor alle takken (Tabel 5) en voor de selectie 'goede kwaliteit takken' (Tabel 6).

De oorzaak van het lagere aantal uitgelopen knoppen per tak, ligt waarschijnlijk in opgelegde knoprust door andere organen (para-dormancy, zie paragraaf 2.1). De bovenste knoppen, die meestal als eerste uitlopen, kunnen namelijk dominant worden over onderliggende knoppen, zodat deze niet meer uitlopen. Om deze reden wordt de eerste knop in de praktijk soms verwijderd om zo de kans op een twee- of meerkopper te vergroten. Vermoedelijk speelt de hoge temperatuur hierbij een negatieve rol voor het aantal uitlopende knoppen. Door de hoge temperatuur wordt de relatieve voorsprong van de eerste knop groter, zodat er meer kans is op dominantie ten opzichte van lager gelegen knoppen. Bij een lagere temperatuur is dit waarschijnlijk minder het geval.



Figuur 10. Classificatie van het percentage geogroed takken naar veilcriteria (zie tabel 3), cumulatief per klasse voor alle takken (boven) en cumulatief per klasse voor de selectie 'goede kwaliteit takken': alleen takken ≥ 40 cm en bij 40 tot 50 cm lengte alleen dikke takken (onder).

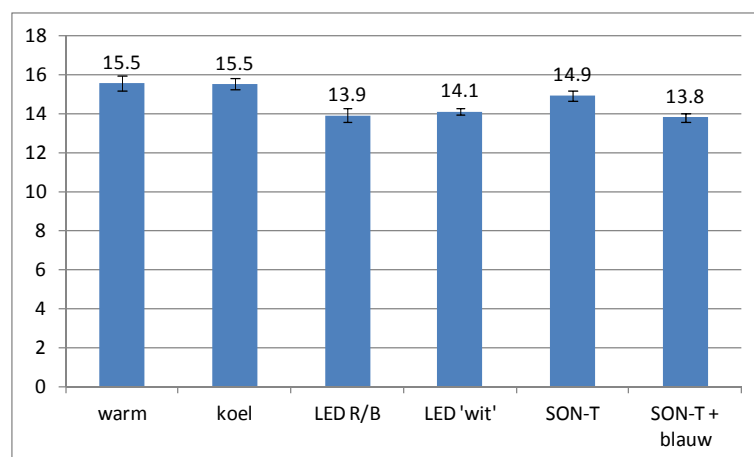
Tabel 5. Classificatie van het percentage geogroed takken naar veilcriteria voor alle takken. Verschillende letters (a, b, c) geven statistisch significante verschillen tussen de gemiddelden aan (Fisher's LSD, $\alpha < 0.05$).

	warm (n=24)	koel (n=24)	LED R/B (n=12)	LED 'wit' (n=12)	SON-T (n=12)	SON-T + blauw (n=8)
Niet-Veilbaar	26% ^a	2% ^b	0% ^b	0% ^b	0% ^b	0% ^b
1-koppers	17% ^{ns}	10% ^{ns}	14% ^{ns}	18% ^{ns}	10% ^{ns}	13% ^{ns}
2-kop-afwijker	22% ^{ns}	23% ^{ns}	30% ^{ns}	31% ^{ns}	22% ^{ns}	15% ^{ns}
2-kopper	11% ^{ns}	14% ^{ns}	11% ^{ns}	16% ^{ns}	10% ^{ns}	12% ^{ns}
4-kop afwijker	16% ^d	29% ^{abc}	25% ^{bcd}	21% ^{cd}	38% ^a	33% ^{ab}
4-kopper	9% ^c	22% ^{ab}	20% ^{ab}	14% ^{bc}	20% ^{ab}	26% ^a

Tabel 6. Classificatie van het percentage geoogste takken naar veilocriteria voor de selectie 'goede kwaliteit takken': alleen takken ≥ 40 cm en van 40 tot 50 cm lengte alleen dikke takken. Verschillende letters (a, b, c) geven statistisch significante verschillen tussen de gemiddelden aan (Fisher's LSD, $\alpha < 0.05$).

	warm (n=24)	koel (n=24)	LED R/B (n=12)	LED 'wit' (n=12)	SON-T (n=12)	SON-T + blauw (n=8)
1-koppers	29% ^a	8% ^b	13% ^b	16% ^b	10% ^b	3% ^b
2-kop-afwijker	25% ^a	22% ^a	30% ^a	30% ^a	21% ^{ab}	11% ^b
2-kopper	13% ^{ns}	11% ^{ns}	10% ^{ns}	15% ^{ns}	7% ^{ns}	9% ^{ns}
4-kop afwijker	21% ^c	32% ^{ab}	25% ^{bc}	24% ^{bc}	41% ^a	43% ^a
4-kopper	11% ^c	27% ^{ab}	22% ^{abc}	16% ^{bc}	21% ^{abc}	35% ^a

De houdbaarheid van was goed in alle behandelingen en varieerde tussen de 14 en 15.5 dagen (Figuur 11).



Figuur 11. Houdbaarheid in dagen van de verschillende behandelingen. De getallen boven de balken geven de gemiddelde houdbaarheid in dagen aan en de verticale balkjes geven de standaardfout (SE) weer.

5 Discussie en conclusies

5.1 Knopuitloop bij *Viburnum opulus* 'Roseum'

Bij een lagere temperatuur kwam de oogst later op gang. Dat de knoppen bij een lagere temperatuur (met en zonder stuurlicht) toch uitlopen, laat zien dat ofwel een lagere temperatuur overdag (23°C) al voldoende is geweest om de endogene knoprust te verbreken, of dat de endogene knoprust al verbroken moet zijn geweest. In het laatste geval zorgt de hoge temperatuur van 30°C overdag alleen voor een versnelde verbreking van de eco-knoprust. Stuurlicht gaf bij *Viburnum opulus* 'Roseum' geen versnelling van de knopuitloop. Zoals uit het literatuuronderzoek (hoofdstuk 2) duidelijk is geworden, is het effect van stuurlicht op knopuitloop soort specifiek. Mogelijk werkt stuurlicht helemaal niet op knopuitloop bij *Viburnum opulus* 'Roseum'. Echter, het is ook mogelijk dat stuurlicht geen meetbaar effect had, omdat de endogene knoprust al doorbroken was, of omdat 23°C al voldoende was om de endogene knoprust te doorbreken. Verder ligt er nog een kans om de inductie van de knoprust met stuurlicht te vervroegen door het kunstmatig verkorten van de dagen in het najaar. Zo wordt bij populier knoprust geïnduceerd door korte dagen, terwijl alleen temperatuur en niet lange dagen een rol speelt bij het uitlopen van de knoppen in het voorjaar (Rohde en Bhalerao, 2007; zie ook hoofdstuk 2).

Dit onderzoek had de focus op endogene knoprust. Echter, voor de takkwaliteit lijkt de opgelegde knoprust door andere organen (para-dormancy, zie paragraaf 2.1) zeer waarschijnlijk een belangrijke rol te spelen. De takkwaliteit en opbrengst per tak nemen namelijk toe, naarmate er meer knoppen uitlopen. Als de eerste knop sneller uitloopt dan de andere knoppen, dan kan deze dominant worden ten opzichte van onderliggende knoppen, zodat deze geremd worden in uitloop. Dit is ook de reden waarom telers in de praktijk soms de eerste uitgelopen knop(pen) wegbreken, in de hoop dat daardoor meer onderliggende knoppen zullen gaan uitlopen. Het percentage één-koppers is bij controle warm inderdaad fors hoger dan bij de andere behandelingen die bij een lagere temperatuur stonden (Tabel 6). Uit deze proef blijkt dat een lagere teelttemperatuur een effectief middel is om de eerste knop minder dominant te maken ten opzichte van de andere knoppen. Hetzelfde fenomeen is aangetoond bij het percentage meertakkers bij *Phalaenopsis* (Dueck *et al.* 2015). Zo kan worden bespaard op het gasverbruik. Wel dient hier opgemerkt te worden dat het relatief grote aantal gebarsten knoppen in de warme behandeling het beeld mogelijk vertekent, omdat 1-koppers wellicht meerkoppers hadden kunnen worden; of 1-koppers ook gebarsten knoppen op de tak hadden of niet is helaas niet gemeten.

Op basis van de literatuur en deze proef worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Uitzoeken of door het 'handmatig' verkorten van de dagen in het najaar eerder knoprust wordt geïnduceerd bij *Viburnum opulus* 'Roseum'. In eerder literatuuronderzoek in het kader van Kas als Energiebron (Kromwijk *et al.*, 2012) zijn aanwijzingen gevonden dat *Viburnum*

opulus ('Gelderse roos') planten geteeld bij 14 uur aaneengesloten donker in rust gingen. Het is nog niet bekend hoe *Viburnum opulus* 'Roseum' ('sneeuwbal') reageert, want bij sommige andere *Viburnums* kan een interactie tussen daglengte en lage temperatuur bepalend zijn voor het moment wanneer het gewas in rust gaat (Stimart, 1985).

- Vervolgens kan de endogene knoprust door middel van langdurige koude, eventueel in een koelcel, worden verbroken. *Viburnum opulus* 'Roseum' heeft 900 uur kou (2 tot 8°C) nodig om de knoprust in een koelcel te doorbreken (Kromwijk, 2011).
- De eco-knoprust kan dan vervolgens worden verbroken door het telen onder een matige temperatuur zoals in deze proef, waardoor de kans op meerkoppers groter wordt. Dit bespaart ook op stookkosten.

5.2 Conclusies

In onderstaand overzicht worden de conclusies puntsgewijs weergegeven:

- Ook bij lagere teelttemperatuur liepen de knoppen uit. Geconcludeerd kan worden dat ofwel 23°C overdag al voldoende was om de endogene knoprust te verbreken, of dat de endogene knoprust al verbroken was.
- Stuurlicht gaf weinig tot geen trekduurverkortung. Omdat de endogene knoprust mogelijk al doorbroken was, is niet duidelijk geworden of stuurlicht dit proces al dan niet versnelt via activering van fytochroom A bij *Viburnum opulus* 'Roseum'. In ieder geval versnelt stuurlicht het doorbreken van de eco-knoprust niet significant bij dit gewas.
- Bij de hogere teelttemperatuur werd één tot anderhalve week eerder begonnen met oogsten. Het duurde bij de koelere behandelingen van 0 tot 4 dagen (belicht) tot een week (onbelicht) langer voordat >95% van de takken van goede kwaliteit geoogst was.
- Een lagere teelttemperatuur gaf een verhoging van de takkwaliteit (meerkoppers). Dit omdat meer knoppen de kans krijgen om uit te lopen. Een lagere temperatuur kost minder gas. Het relatief grote aantal gebarsten knoppen in de warme behandeling vertekent het beeld mogelijk, omdat 1-koppers wellicht meerkoppers hadden kunnen worden (Nb. of 1-koppers ook gebarsten knoppen op de tak hadden of niet, is niet gemeten).

Referenties

- Bassler D, Korner C.** 2014 Photoperiod and temperature responses of bud swelling and budburst in four temperate forest tree species. *Tree Physiology* 34, 377-388.
- Chao WS, Foley ME, Horvath DP, Anderson JV.** 2007. Signals Regulating Dormancy in Vegetative Buds. *International journal of plant developmental biology* 1, 49-56.
- Dueck T, Meinen E, Hogewoning SW, Trouwborst G, Pot CS.** 2013. Bloei & Stuurlicht bij Phalaenopsis. Bloei-inductie door stuurlicht spaart energie. Bleiswijk: Wageningen UR glastuinbouw, 36p.
- Heide OM.** 1993a. Daylength and thermal time responses of budburst during dormancy release in some northern deciduous trees. *Physiologia Plantarum* 88, 531-540.
- Heide OM.** 1993b. Dormancy release in beech buds (*Fagus sylvatica*) requires both chilling and long days. *Physiologia Plantarum* 89, 187-191.
- Heide OM.** 2011. Temperature rather than photoperiod controls growth cessation and dormancy in *Sorbus* species. *Journal Of Experimental Botany*, 62, 5397-5404.
- Hogewoning SW, Trouwborst G, Slootweg G, Van Aanholt JTM, Pot CS, Kok BJ.** 2014. Belichting, CO₂ en stuurlicht in de lelieteelt: een strategie voor energiebesparing. Plant Lighting B.V., Bunnik. 42p.
- Horvath DP.** 2009. Common mechanisms regulate flowering and dormancy. *Plant Science* 177, 523-531.
- Horvath DP, Anderson J V, Chao WS, Foley ME.** 2003. Knowing when to grow: signals regulating bud dormancy. *Trends in plant science* 8, 534-40.
- Kromwijk A.** 2011. Verbetering trekresultaten van vroege trek bij *Viburnum opulus* 'Roseum' (sneeuwbal): onderzoek naar bloemknopontwikkeling en koubehoefte voor rustdoorbreking. Rapport Wageningen UR Glastuinbouw GTB-1084.
- Kromwijk A, Kempkes F, Raaphorst M, Eveleens B.** 2012. Energiebesparing bij trekheesters. Rapport Wageningen UR Glastuinbouw GTB-1184.
- Lagercrantz U.** 2009. At the end of the day: a common molecular mechanism for photoperiod responses in plants? *Journal of experimental botany* 60, 2501-2515.
- Stimart DP.** 1985. *Viburnum*. CRC Handbook of Flowering Volume V. pag. 367-371.
- Myking T, Heide OM.** 1995. Dormancy release and chilling requirement of buds of latitudinal ecotypes of *Betula pendula* and *B. pubescens*. *Tree Physiology* 15, 697-704.
- Rohde A, Bhalerao RP.** 2007. Plant dormancy in the perennial context. *Trends In Plant Science* 12, 217-223.
- Taiz L, Zeiger E.** 2010. *Plant Physiology*. Sunderland: Sinauer, 782p.
- Trouwborst G, Hogewoning SW, Pot CS.** 2013. Stuurlicht bij de tijd, Deelrapport binnen het project: 'Stuurlicht in de glastuinbouw, kansen voor energiebesparing'. Bunnik: Plant Lighting B.V., 61p