

Het gebruik en de mogelijkheden van licht bij de teelt van boomkwekerijgewassen

Deze studie is verricht binnen het project "Consultancy in de Boomkwekerij, 2007"

Dr. ir. M.P.M. Derkx

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector Bloembollen, . Boomkwekerij en Fruit
PPO projectnummer 32 312000 00

Lisse, april 2008

© 2008 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.



Projectnummer: 32 312000 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Bomen

Adres : Professor van Slogterenweg 2, Lisse

: Postbus 85, 2160 AB Lisse

Tel. : 0252 – 46 21 21

Fax : 0252 – 46 21 00

E-mail : infobomen.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	SAMENVATTING.....	5
2	INLEIDING	7
2.1	Algemeen.....	7
2.2	Doelstelling	7
3	LICHT ALS GROEIFACTOR.....	9
3.1	Inleiding	9
3.2	Wat is licht?.....	9
3.3	Zichtbare licht	10
3.4	UV	10
3.5	NIR	10
3.6	Grootheid straling	11
4	EFFECTEN VAN LICHT OP PLANTEN.....	13
4.1	Effecten op de productie	13
4.2	Effecten op vormgeving en bloei – algemeen	13
4.2.1	Effecten op de vormgeving.....	13
4.2.2	Effecten op de vorming van kleurstoffen in de plant.....	14
4.2.3	Effecten op de bloei.....	14
4.3	Het wegnemen van licht	15
5	TYPEN BELICHTING	17
5.1	Assimilatiebelichting.....	17
5.1.1	Hogedruk natriumlampen.....	17
5.1.2	LED	17
5.2	Stuurlicht (vormgeving/habitus).....	17
5.2.1	Spectrale filters, netten en lampen met gewijzigd spectrum	17
5.2.2	LED	18
5.3	Fotoperiodische belichting	18
5.4	Lichthinder voor de omgeving.....	18
6	HET GEBRUIK VAN KUNSTLICHT BIJ DE TEELT VAN BOOMKWEKERIJGEWASSEN	19
6.1	Vermeerdering via zaad.....	19
6.2	Vermeerdering via stek	19
6.2.1	Belichting van moerplanten	19
6.2.2	Belichting van stek.....	19
6.3	Enten.....	20
6.4	Vegetatieve groei.....	20
6.5	Bloei.....	21
6.5.1	Daglengte	21
6.5.2	Lichtintensiteit	21
6.6	Winterrust	21
7	CONCLUSIES	23
8	LITERATUUR.....	25

1 Samenvatting

Het gebruik van kunstlicht heeft een enorme vlucht genomen in de teelt van snijbloemen, potplanten en groenten onder glas. Het geven van extra licht kan verschillende doelen hebben: het verhogen van de productie, het sturen van groei en bloei, het verhogen van de kwaliteit en het verlengen van het afleverseizoen. Door het geven van kunstlicht zijn bepaalde gewassen jaarrond te telen. Belichten van gewassen brengt hoge kosten met zich mee. Bij de keuze voor al dan niet belichten moeten daarom de voordelen van een hogere productie, een betere kwaliteit en een gunstiger levertijdstip steeds afgewogen worden tegen de meerkosten.

Het gebruik van kunstlicht in de boomkwekerijsector staat tot geen verhouding tot het gebruik in andere sectoren van glastuinbouw. Vermeerderingsbedrijven gebruiken soms extra licht om de kieming van zaad of de beworteling van stek te stimuleren. Het verlengen of verkorten van de daglengte is een optie om groei en bloei te sturen. Daardoor is het bijvoorbeeld mogelijk vroeger in het seizoen planten met bloemknoppen op de markt te brengen. Een voorbeeld hiervan is *Pieris*. Ook is het mogelijk extra groeiperioden per jaar te krijgen, waardoor het aantal teeltjaren afneemt om planten in bloei te kunnen trekken. Een voorbeeld hiervan is *Rhododendron*. Daglengteverlenging is relatief goedkoop, omdat goedkope gloei- of spaarlampen volstaan.

De kleur van het licht kan de habitus/vormgeving van een plant beïnvloeden. Het geven van blauw en rood licht zorgt bijvoorbeeld voor een betere vertakking en minder strekking. Tot nu toe wordt hiervan weinig gebruik gemaakt in de boomkwekerijsector, maar hier moeten zeker mogelijkheden liggen voor de teelt van visueel aantrekkelijke boomkwekerijgewassen. De nieuwe LED technologie, waarbij specifiek licht van bepaalde kleuren uitgezonden wordt, kan hierbij in de toekomst zeker waardevol zijn. Het gebruik van assimilatielicht om de productie te verhogen komt in de boomkwekerijsector nagenoeg niet voor. De kosten zijn (nog te) hoog. Ook hier is het de moeite waard om nieuwe ontwikkelingen in de LED technologie te volgen, om de voordelen van een hogere productie, een betere kwaliteit en een gunstiger levertijdstip af te zetten tegen de kosten. Tot nu toe zijn LED lampen nog minder efficiënt dan de hogedruk natriumlampen die nu gebruikt worden, maar de verwachting is dat LED lampen in de toekomst de meest energie-efficiënte vorm van kunstlicht gaan worden.

2 Inleiding

2.1 Algemeen

Kunstmatige belichting is niet weg te denken in de teelt van vele snijbloemen, potplanten en groentegewassen onder glas. Het geven van extra licht kan verschillende doelen hebben: het verhogen van biomassa, het verlengen van de effectieve daglengte om groei en bloei te sturen, en het sturen van de vormgeving/planthabitus door extra of juist minder licht van bepaalde kleuren aan te bieden (Vince-Prue, 1984; Blacquièrre, 1992; Pérez *et al.*, 2005). Extra licht zorgt voor meer productie, de mogelijkheid jaarrond te produceren en/of een betere jaarrond kwaliteit te leveren. Een betere kwaliteit kan zich uiten in zwaardere takken, meer bloemen en grotere bloemen. Ook kan de aanleg van de bloemknoppen versneld worden (Runkle and Heins, 2005). Een hoge productie en een hoge kwaliteit gaan niet altijd samen. Snijrozen worden standaard belicht. Bij roos reageert de productie vrijwel rechtlijnig op de hoeveelheid groeilicht. Dit is echter niet voor elk gewas het geval. Schaduwplanten geven veel eerder een lichtverzadiging dan planten die goed tegen de volle zon kunnen. Voorbeelden van schaduwplanten zijn bijvoorbeeld begonia en saintpaulia. Belichting van tomaten zorgt ervoor dat dit gewas jaarrond in Nederland te telen is. Belichten van gewassen brengt hoge kosten met zich mee. Voor roos is berekend dat de belichtingskosten per m² tussen de 25 en 34 EURO bedragen. Uiteraard moet daar een forse meeropbrengst tegenover staan. Economische motieven spelen dus een belangrijke rol bij de keuze tussen wel of niet belichten. Aan de ene kant staan kwaliteit, meeropbrengst en levertijdstip, aan de andere kant staan de kosten van de belichting. In vergelijking met de teelt van snijbloemen en potplanten onder glas en de teelt van groentegewassen onder glas, wordt bij de teelt van boomkwekerijgewassen onder glas beperkt gebruik gemaakt van kunstlicht.

2.2 Doelstelling

Doelstelling van deze literatuurstudie is het gebruik en de mogelijkheden van kunstlicht in de boomkwekerijsector te inventariseren en aanbevelingen te doen voor gebruiksmogelijkheden in de toekomst. Bij deze inventarisatie is naar Nederlandse en buitenlandse literatuur op het gebied van licht gezocht. Gezien de enorme breedte van het assortiment boomkwekerijgewassen, was het daarbij niet mogelijk om voor alle gewassen te zoeken naar resultaten van onderzoek in het verleden. Daarom is er voor gekozen om een algemeen overzicht te geven van de mogelijkheden van het gebruik van licht waarbij telkens enkele voorbeelden zijn genoemd.

3 Licht als groeifactor

3.1 Inleiding

Licht is een van de belangrijkste groeifactoren voor planten, net als temperatuur, water, kooldioxide, zuurstof en voedingsstoffen. Licht is nodig voor de groei en ontwikkeling. Onder invloed van zonlicht zetten planten kooldioxide en water om in suikers en zuurstof. Dit proces heet fotosynthese. Hiermee is een basis gelegd voor de aanmaak van biomassa en dus voor de groei en ontwikkeling van de plant. In perioden met weinig licht, zoals de winter, vindt minder fotosynthese plaats wat een negatief effect heeft op de plantontwikkeling en de opbrengst. Ook de plantkwaliteit kan achter blijven in de winter. Voor elke plant is een lichtintensiteit aan te geven die minimaal nodig is voor vegetatieve groei. Een hogere lichtintensiteit is nodig om ook bloemen en vruchten te kunnen produceren. De lichtbehoefte is niet voor elke plant gelijk. Schaduwplanten hebben minder licht nodig dan lichtminnende planten.

Groeifactoren moeten goed op elkaar afgestemd zijn. Het geven van meer licht bijvoorbeeld, heeft alleen zin, als andere groeifactoren niet beperkend zijn. Als de temperatuur erg laag is, heeft extra licht bij de meeste gewassen weinig effect.

3.2 Wat is licht?

Licht dat wij waarnemen is het zogenaamde zichtbare deel van de zonnestraling. Dit is maar een beperkt deel van de straling die de zon uitzendt. De zon geeft straling af in de vorm van elektromagnetische golven. Deze straling wordt deels geabsorbeerd door de ozonlaag, door waterdamp en andere gassen in de atmosfeer. Ook wordt een deel van het zonlicht door luchtmoleculen en stofdeeltjes gereduceerd. Stofdeeltjes en waterdruppels verstrooien ook een deel van het zonlicht. Ongeveer de helft van de zonnestraling komt uiteindelijk op de aarde aan. Dit wordt de globale straling genoemd. De globale straling verandert door de zonnestand, de geografische breedte, het seizoen, het tijdstip van de dag en de mate van bewolking. Zo is de straling in de zomer vier keer hoger dan in de winter. Ook is de daglengte in de zomer (ongeveer 16 uur) twee maal zo hoog dan in de winter (ongeveer 8 uur). Zonlicht wordt op aarde ingestraald met een spectrum van verschillende zichtbare en onzichtbare zonnestrallen waarvan de golflengte uiteenloopt van 280 tot 3000 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Hierin zijn verschillende soorten straling te onderscheiden: ultraviolet (UV), het zichtbare gebied en nabij-infrarood (NIR)(tabel 1). Ongeveer 50% van de straling ligt in het zichtbare gebied en ongeveer 50% ligt in het nabij-infrarode gebied van het spectrum. De spectrale samenstelling van zonlicht dat het aardoppervlak bereikt is vrij constant. De straling die een rol speelt bij de groei en ontwikkeling van planten komt uit het golflengtegebied tussen 300 en 800 nm.

Tabel 1. Verschillende soorten straling in zonlicht

Straling	Afkorting	Golflengte (nm)
Ultraviolet	UV-B	280-315
	UV-A	315-400
Zichtbaar	B (blauw)	400-500
	G (groen)	500-600
	R (rood)	600-700
Nabij infrarood	FR (verrood)	700-800
	NIR	800-3000
Ver infrarood	FIR	3000 – 100.000

3.3 Zichtbare licht

Vooral zichtbaar licht speelt een rol in de fotosynthese van planten. Daarom wordt dit licht in het engels ook wel photosynthetic active radiation genoemd. Deze zichtbare straling ligt in het golflengtegebied tussen 400 en 700 nm en bestaat uit de kleuren blauw, groen, geel, oranje en rood. Mensen zien groen licht tientallen malen beter dan blauw en rood licht. Planten reageren vooral op rood en blauw licht. Voorwerpen, zoals huizen en bomen weerkaatsen een deel van het zonlicht. Dit bepaalt de kleur van iets zoals wij het waarnemen. Rode straling (600-700 nm) is het meest efficiënt voor de fotosynthese van planten, maar het speelt ook een rol bij fotoperiodiciteit (reactie van planten op de daglengte) en fotomorfogenese (reacties op licht in een plant, bijvoorbeeld op het gebied van zaadkieming, bloei, vruchtzetting en rust). De verhouding tussen rode (R: 600-700 nm) en verrode straling (FR: 700-800 nm) is de bepalende factor bij de verschillende fysiologische processen in de plant. De verhouding R:FR in de globale straling is in elk seizoen ongeveer gelijk, namelijk 1,20. Bewolking zorgt ervoor dat het aandeel rood toeneemt. In de ochtend- en avondschemering nemen de relatieve hoeveelheden FR en blauw toe. Blauwe straling speelt ook een rol bij de fotosynthese en de fotomorfogenese. De stralingsintensiteit van blauwe straling neemt toe naarmate de zonnestand hoger is. Bewolking zorgt er ook voor dat het aandeel blauwe straling toeneemt. Stof en waterdamp in de lucht zorgen er juist voor dat het aandeel blauwe straling afneemt. Groene straling heeft minder effect op planten dan rood en blauw licht.

Al met al wordt dus maar een klein deel van de straling die op een blad valt, benut voor de fotosynthese. Het merendeel van de straling wordt dus niet geabsorbeerd door het blad, maar doorgelaten of gereflecteerd. De straling die geabsorbeerd wordt, zorgt ervoor dat de temperatuur van de plant oploopt. De plant kan warmte actief afvoeren als de temperatuur teveel oploopt. Dit gebeurt door verdamping van water waarvoor de energie aan het blad wordt onttrokken. Een deel van de opgenomen straling wordt gebruikt voor metabolische processen in de plant.

3.4 UV

Niet alleen zichtbaar licht heeft invloed op de groei en ontwikkeling van een plant, UV straling (300-400 nm) heeft dat ook. UV straling is het deel van de globale straling met de hoogste energie. Het grootste deel van de UV straling (95%) is UV-A straling. Het aandeel UV straling is in de zomer, wanneer de zon hoger staat, hoger dan tijdens de winter. UV straling heeft vooral invloed op de gewasvormgeving en de kleuring van planten. Een deel wordt gebruikt voor fotosynthese en groei. De hoeveelheid UV straling die de aarde bereikt, is toegenomen. De belangrijkste reden hiervoor is het dunner worden van de ozonlaag, als gevolg van de uitstoot van chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's). Ook klimaatverandering speelt een rol.

3.5 NIR

Van de nabij-infrarode straling wordt vooral straling met een golflengte tussen 700 en 800 nm door planten gebruikt. Deze verrode straling draagt bij aan diverse fotomorfogenetische processen, bijvoorbeeld stengelstrekking en fotoperiodiciteit (reactie van planten op daglengte). Zo komen sommige planten zonder verrode straling niet tot bloei. Nabij-infrarode straling met een golflengte hoger dan 800 nm wordt nauwelijks door planten gebruikt, anders gezegd: het heeft geen directe invloed op de plant. Als indirect gevolg van deze straling worden planten opgewarmd. Planten geven deze warmte weer af aan hun omgeving. Afhankelijk van de locatie en het seizoen is dit gunstig of niet. In de winter kan het bijdragen aan gewenste opwarming in een tuinbouwkas, waardoor bespaard kan worden op het verbruik van gas. In de zomer kan NIR straling voor oververhitting en stressverschijnselen van planten zorgen. Het aandeel NIR is relatief groter bij een lage zonnestand dan bij een hoge zonnestand. Het aandeel NIR neemt relatief af bij toenemende bewolking.

3.6 Grootheid straling

Zonnestraling kan in verschillende grootheden worden uitgedrukt. Een bekende grootheid is lux: de eenheid van het licht dat het menselijk oog kan waarnemen. Omdat een plant licht anders waarneemt dan een mens, is de eenheid lux voor een plant niet relevant. Meteorologen gebruiken vaak de energie-inhoud van straling in W per m². Fotosynthese is echter niet gerelateerd aan de totale energie-inhoud van de straling, maar aan het aantal lichtdeeltjes (fotonen). De energie-inhoud van een 400 nm blauw foton is bijvoorbeeld 1,75 maal hoger dan die van een 700 nm rood foton. Voor de fotosynthese zijn een blauw en een rood foton echter gelijkwaardig. Als straling in W per m² zou worden uitgedrukt, wordt voor het effect op de fotosynthese blauwe straling overgewaardeerd en rode straling ondergewaardeerd. Daarom is voor de teelt het aantal fotonen van de straling van belang. Dit wordt uitgedrukt in micromol per m² per seconde. De grootheden kunnen in elkaar worden omgerekend. De omrekeningsfactor hangt af van het stralingsspectrum van de lichtbron. Wanneer in een kas sprake is van zonlicht en lamplicht kan daarom niet met één omrekeningsfactor gewerkt worden.

4 Effecten van licht op planten

4.1 Effecten op de productie

Op noorder- en zuiderbreedten van meer dan 45° wordt de plantengroei gedurende vier tot zes maanden geremd door een tekort aan daglicht. Het geven van kunstlicht kan er dan voor zorgen dat ook in deze periode voldoende productie van hoge kwaliteit mogelijk is. Rond 1950 werd in de Scandinavische landen gestart met het gebruik van kunstlicht gedurende de winter (Bakker, Blacqui re en de Hoog, 1996). De aanmaak van biomassa is sterk afhankelijk van de hoeveelheid licht. Bij een volgroeid gewas geldt min of meer dat 1% extra licht 1% meer productie geeft, bij jonge planten kan dat wel 1,5% zijn (Kamp en Stijger, 2006). Het effect van extra licht op de fotosynthese is groter bij een lagere lichtintensiteit. Bij een hogere lichtintensiteit nadert het proces een maximum (Arkesteyn, 2007). Verschillende gewassen kunnen verschillend reageren op licht. Bij roos en komkommer neemt de productie ongeveer rechtlijnig toe met toenemende hoeveelheid groeilicht. Bij tomaat en paprika lijkt de productie minder sterk toe te nemen. Het verdient aanbeveling met vaste belichtingstijden te werken. Aan- en uitschakelen van lampen op wisselende tijdstippen kan namelijk een negatief effect hebben op de opbouw van de plant omdat de planttemperatuur hierdoor flink be nvloed wordt. Ook verdient het aanbeveling in de ochtenduren te belichten (tussen  en uur voor zonsopkomst en drie uur na zonsopkomst) omdat dit het meeste effect heeft op de plant. Te lang belichten kan een negatief effect hebben op de plantkwaliteit, zoals een afwijkende groei of verdrogende bladpunten (Kamp en Stijger, 2006).

4.2 Effecten op vormgeving en bloei – algemeen

Planten gebruiken licht om te groeien. Vandaar dat vele tuinbouwgewassen met kunstlicht belicht worden om de productie te verhogen en ook in lichtarme perioden productie mogelijk te maken. Planten halen echter ook informatie uit licht, bijvoorbeeld over de tijd van het jaar, de tijd van de dag, de standplaats en de omringende vegetatie. Deze informatie wordt gebruikt om sneller te gaan groeien, te strekken of juist compacter te gaan groeien, het tijdstip van bloei te bepalen, of de plantvorm aan te passen aan het licht (grote, dunne bladeren of juist kleine, dikke bladeren). Lichtomstandigheden tijdens een teelt- of opkweekfase kunnen daarom bepalend zijn voor het gedrag van een plant in een volgende teeltfase. Doordat planten licht kunnen waarnemen en hierop kunnen reageren, kunnen allerlei levensprocessen plaatsvinden op een voor de plant meest optimaal moment.

Net zoals pigmenten in een menselijk oog straling absorberen, hebben planten ook pigmenten waarmee ze licht kunnen waarnemen, bijvoorbeeld chlorofyl, fytochroom, β -caroteen en cryptochroom (Mohr and Schopfer, 1995). Onder invloed van licht ondergaan deze pigmenten chemische veranderingen. Fytochroom bijvoorbeeld komt in een actieve en een inactieve vorm voor. Rood licht zorgt ervoor dat de inactieve vorm wordt omgezet in de actieve vorm. Verrood licht doet juist het omgekeerde: de actieve vorm wordt weer omgezet in de inactieve vorm. De verhouding van rood en verrood licht is daarom van groot belang voor het al dan niet plaatsvinden van diverse fysiologische reacties in de plant.

4.2.1 Effecten op de vormgeving

De samenstelling van het licht bepaalt de vormgeving en de ontwikkeling van een plant (Tabel 2). Als er weinig rood licht is en veel verrood licht, gaan planten strekken en vormen grotere, dunnere bladeren. Als er minder verrood licht is, groeien planten juist compacter. De planten strekken minder, vertakken meer en ze hebben kleinere, dikkere bladeren. Als er helemaal geen verrood is, kunnen sommige planten niet gaan bloeien. Spectrale filters kunnen gebruikt worden bij de teelt van siergewassen om de plant habitus te sturen, bijvoorbeeld compactere planten te krijgen of een betere vertakking (Blacqui re, 1992). Vooral filters die verrood licht wegnemen hebben veel perspectief (Runkle and Heins, 2002; Khattak *et al.*, 2004). Ook de hoeveelheid blauw licht heeft invloed op de vorm van een plant. Te weinig blauw licht geeft meer

strekking en grotere, dunnere bladeren. Veel planten hebben een minimale hoeveelheid blauw licht nodig voor een normale ontwikkeling. In Nederland is er altijd voldoende blauw licht, ook in een kas. Het is wel mogelijk extra blauw licht te geven. Dit heeft een positief effect op de vertakking en resulteert in kleinere, dikkere bladeren.

Tijdens de opkweek van uitgangsmateriaal of in een jong gewas moeten de planten in korte tijd grote bladmassa ontwikkelen. Dit is te bereiken door het aandeel blauw licht te verminderen. Verder is het wenselijk de stengelstrekking tijdens de opkweek van het uitgangsmateriaal beperkt te houden. Dit is mogelijk door het gebruik van licht met relatief weinig verrood. Voor vele visueel aantrekkelijke gewassen is een grote vertakking en een geringe stengelstrekking gewenst. Dit is mogelijk door licht te geven met veel blauw en rood. Ook kan eventueel het aandeel verrode straling verminderd worden. Bij bloeiende planten moet wel opgepast worden dat er niet te weinig verrood licht is voor de bloei. Bloei van de lange dag planten *Antirrhinum majus* en petunia werd vertraagd als er weinig verrood licht was (Cerny *et al.*, 2003). Het lichtspectrum is bijvoorbeeld te beïnvloeden door een beweegbaar scherm in de kas. Ook het gebruik van bodemfolie moet mogelijk zijn. In de praktijk komen deze toepassingen nog niet voor. Het gebruik van kunstlicht is wel een optie om de spectrale samenstelling van het licht te veranderen. Planten hebben zelf een grote invloed op de spectrale samenstelling van het licht. Rood licht wordt voor een belangrijk deel geabsorbeerd, verrood licht juist niet. Dit betekent dat de verhouding tussen rood en verrood licht afneemt onder een bladerdek. Boven een bladerdek is deze ongeveer 1,20; in een eikenbos is de verhouding nog maar 0,5 tot 0,75. Uiteraard bepaalt de stand en de dichtheid van het bladerdek in welke mate de verhouding tussen R en FR afneemt. De dichtheid en de kleur van het bladerdek bepalen dus de samenstelling van het licht onder een plant of boom.

Tabel 2. Effecten van de lichtkleur op de vormgeving van planten

Lichtkleur	Meer/ minder	Effect
Blauw	Meer	Kortere planten, meer vertakking, kleinere, dikkere bladeren
	Minder	Langere planten, grotere, dunnere bladeren
Verrood	Meer	Langere planten, meer strekking, grotere, dunnere bladeren
	Minder	Kortere planten, meer vertakking, kleinere, dikkere bladeren, vertraagde bloei

4.2.2 Effecten op de vorming van kleurstoffen in de plant

De kleur van het licht heeft invloed op de vorming van kleurstoffen in de plant. UV, blauw, rood en verrood, kunnen afhankelijk van het gewas, de aanmaak van bepaalde kleurstoffen in blad en/of bloem stimuleren.

4.2.3 Effecten op de bloei

De lichtintensiteit kan invloed hebben op de aanleg van bloemknoppen. Daarnaast is de daglengte vaak bepalend voor het al dan niet aanleggen van bloemknoppen. Daglengte fungeert dan als duidelijk signaal voor het veranderen van de seizoenen. In dit geval is de lichtintensiteit minder van belang dan de duur van de belichting. Lage lichtintensiteiten kunnen zorgen voor daglengte effecten, zodat planten in de praktijk vaak met goedkope gloeilampen worden belicht. Manipuleren van de daglengte is de best bekende en meest gebruikte optie om met licht te sturen in de teelt van tuinbouwgewassen. In chrysant is het daardoor mogelijk jaarrond te produceren (Vince-Prue, 1982). Er zijn lange dag, korte dag en dagneutrale planten. Op zich zijn deze termen verwarrend, omdat niet de lengte van de dag bepalend is voor de omslag van de vegetatieve naar de generatieve fase, maar de lengte van de nacht. Een korte nachtonderbreking door belichting heeft daardoor voor lange dag planten hetzelfde effect als vele uren dagverlenging. Lange dag planten, zoals sla, *Fuchsia* en *Hibiscus syriacus* leggen bloemknoppen aan als de nachten korter worden

dan een bepaalde kritische lengte. Korte dag planten, zoals *Hydrangea*, *Euphorbia*, chrysant en aster leggen bloemknoppen aan als de nachten langer worden dan een bepaalde kritische lengte. Deze planten zijn kunstmatig in bloei te brengen door volledig te verduisteren gedurende een deel van de dag. Bij dagneutrale planten, zoals *Antirrhinum majus*, zonnebloem en tomaat is de bloei niet afhankelijk van de daglengte. Ook wordt onderscheid gemaakt tussen kwantitatieve en kwalitatieve korte- of lange dag planten. Een kwantitatieve korte dag plant bloeit alleen als de nachten voldoende lang zijn. Een kwalitatieve korte dag plant bloeit ook wel zonder die kritische nachtlengte, maar doet dat beter of sneller als de nachten langer zijn. Om het nog ingewikkelder te maken, zijn er planten die eerst lange nachten nodig hebben en dan korte of andersom. Het effect van de daglengte kan ook afhangen van de leeftijd van de plant en van de temperatuur. Pettersen (1972) toonde aan dat effecten van daglengte in jonge *Azalea* planten duidelijker waren dan in oudere planten. Bij 15-16°C waren de planten zo goed als daglengte-neutraal, boven 20°C reageerden ze als korte dag planten. Verschillende vormen van het pigment fytochroom in het blad zijn verantwoordelijk voor het 'waarnemen' van de daglengte.

4.3 Het wegnemen van licht

Terwijl enerzijds allerlei maatregelen genomen worden om de hoeveelheid licht in een kas te verhogen, is het in andere gevallen nodig de lichtintensiteit te verlagen. In de zomer kan de temperatuur in een kas dusdanig oplopen dat bladverbranding optreedt en een lagere productie. Schermen is in dat geval noodzakelijk. Schermdoeken, maar ook kasdekmaterialen kunnen echter ook invloed hebben op de verhouding in lichtkleuren en daarmee op diverse fysiologische processen in een plant. Glas wordt vaak gebruikt als kasomhullingsmateriaal. Traditioneel wordt blank glas gebruikt. Andere opties zijn gehard glas of wit glas. Andere opties voor kasdekken zijn kunststofplaten en folies, bijvoorbeeld folies van PE (polyethyleen) en EVA (ethyleenvinylacetaat). Aan deze folies moeten UV stabilisatoren worden toegevoegd om de levensduur te verlengen. Zelfs met deze UV stabilisatoren is de levensduur beperkt (5-6 jaar). Er zijn nieuwe folies (ETFE, etheentetrafluoretheen) op de markt die meer dan 10 jaar meegaan. Voordeel van folies is dat gemakkelijk additieven en pigmenten toegevoegd kunnen worden, die bijvoorbeeld NIR straling reflecteren of licht diffuus maken.

In buitenteelten worden schaduwnetten gebruikt om de lichtintensiteit te verlagen.

5 Typen belichting

5.1 Assimilatiebelichting

5.1.1 Hogedruk natriumlampen

Assimilatielampen benaderen het natuurlijke daglicht in de verhouding rood/verrood licht. Deze lampen worden in de glastuinbouw veelvuldig gebruikt om de productie te verhogen en jaarrond teelt mogelijk te maken. Van de energie die een assimilatielamp opneemt, wordt maar een derde deel omgezet in licht. De rest komt vrij als stralingswarmte. Meestal worden hogedruk natriumlampen gebruikt voor het geven van assimilatiebelichting.

5.1.2 LED

Een nieuwe technologie op het gebied van assimilatiebelichting is de LED technologie (Light Emitting Diode), hoewel LED's al meer dan 30 jaar bestaan. LED's zijn leverbaar in elke golflengte tussen 400 en 800 nm. LED's zijn momenteel nog minder efficiënt dan hogedruk natriumlampen (Kierkels, 2007), maar het lijkt erop dat LED verlichting de meest energie-efficiënte vorm van verlichting gaat worden tussen 2010 en 2015 (www.energiek2020.nu). LED's geven geen stralingswarmte af. De armaturen produceren wel warmte, welke weg te koelen is. Vanwege de minimale stralingswarmte plus de geringe grootte van de LED's, is het mogelijk de belichting tussen een gewas te hangen in plaats van erboven. Bij hogedruk natriumlampen kan dat niet. Het tussen het gewas hangen heeft als voordeel dat ook bladeren onder in het gewas hoog productief gehouden kunnen worden. Dat opent perspectief voor een hogere productie. Of dat inderdaad lukt, moet nog onderzocht worden. Ook zal de lichthinder minder zijn als de LED's tussen het gewas hangen. De levensduur van een LED-lamp is veel langer (tot 50.000 uur) dan die van de nu gangbare lichtbronnen. LED's zijn bovendien dimbaar zonder rendementsverlies.

Inmiddels zijn op een aantal glastuinbouwbedrijven proeven gestart om LED belichting te testen, naast het onderzoek dat bedrijven, onderzoeksinstituten en universiteiten uitvoeren.

LED lampen kunnen ook de kleur van het licht dat op een gewas valt beïnvloeden. Door het aan- en uitschakelen van bepaalde ledjes kan bijvoorbeeld extra rood licht of blauw licht worden gegeven.

Fabrikanten geven aan dat het op deze manier mogelijk is veel energie te besparen, omdat dan licht aangeboden kan worden dat voor een groot deel daadwerkelijk gebruikt kan worden voor de fotosynthese. Het is echter bekend dat planten ook groen licht kunnen opvangen en de energie dan overdragen aan de chloroplasten waarin de fotosynthese plaatsvindt, waardoor de energiewinst lager kan uitvallen (Kierkels, 2007; Visser, 2007).

Mogelijk kunnen bepaalde insecten niet tegen de pulsen van LED belichting. Dit zou perspectief kunnen bieden bij de bestrijding van plagen. Dit gunstige neveneffect van LED belichting moet nader onderzocht worden (www.energiek2020.nu).

5.2 Stuurlicht (vormgeving/habitus)

5.2.1 Spectrale filters, netten en lampen met gewijzigd spectrum

Spectrale filters of gekleurde netten kunnen gebruikt worden om de lichtkleur te beïnvloeden en daarmee de vorming en ontwikkeling van een plant. Lampen met een hoger aandeel blauw of een verhoogde rood/verrood verhouding zijn ook een optie. Tot nu toe wordt van al deze opties weinig of geen gebruik gemaakt in de boomkwekerijsector.

5.2.2 LED

Omdat LED lampen alleen licht in bepaalde delen van het spectrum kunnen afgeven, kunnen deze lampen ook perspectief bieden bij het sturen van de vormgeving/habitus van een plant. Voor de boomkwekerijsector kan de LED technologie daarom nieuwe mogelijkheden bieden bij de teelt van visueel aantrekkelijke producten. Het verdient aanbeveling de ontwikkelingen in de LED technologie nauwlettend te volgen en de nieuwe mogelijkheden in de teelt van boomkwekerijproducten te gaan onderzoeken.

5.3 Fotoperiodische belichting

Om de daglengte te beïnvloeden wordt geen gebruik gemaakt van dure assimilatiebelichting. In dit geval volstaat het gebruik van gloeilampen of gasontladings (SL) lampen. Het is mogelijk de daglengteperiode te verlengen of de nacht te onderbreken.

5.4 Lichthinder voor de omgeving

Lichthinder door tuinbouwkassen vormt een belangrijk maatschappelijk probleem. Regelgeving over het schermen van kassen worden daardoor steeds strenger. Met ingang van 1 januari 2008 moeten kassen waarin kunstlicht wordt toegepast minimaal over een 95%-scherm beschikken.

6 Het gebruik van kunstlicht bij de teelt van boomkwekerijgewassen

6.1 Vermeerdering via zaad

Zaden van veel bos-en haagplantsoengewassen hebben geen licht nodig om te kiemen. Enkele soorten, zoals berk en els hebben wel licht nodig. Ook zaden van een aantal soorten vaste planten hebben licht nodig om te kiemen. Voorbeelden hiervan zijn *Achillea*, *Campanula*, *Chelone*, *Heuchera* en *Monarda*. Sommige vermeerderingsbedrijven maken daarom gebruik van kunstlicht boven de zaaibakken of zaaibedden.

6.2 Vermeerdering via stek

Ruim 20 jaar geleden is op het Proefstation voor de Boomkwekerij in Boskoop uitgebreid onderzoek gedaan naar de effecten van kunstlicht bij het bewortelen van stek van houtige boomkwekerijgewassen. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen belichting van moederplanten en belichting van het stek zelf (Joustra, 1986). Uit het onderzoek bleek dat effecten van kunstlicht van gewas tot gewas verschillen en ook sterk afhankelijk zijn van de periode waarin belicht wordt en van de lichtintensiteit.

6.2.1 Belichting van moederplanten

Uit onderzoek naar de effecten van een langedag-behandeling van moederplanten van *Corylus maxima* 'Purpurea' op de productie van stek en op de beworteling van dit stek bleek dat 16-24 uur licht per etmaal in maart-april zorgde voor een aanzienlijk hoger aantal stekken (Joustra en Ruesink, 1989c). Ook kon het stek eerder worden geknipt. Na het knippen van stek groeiden de moederplanten in lange dag door. In korte dag stopte de groei. Stek van moederplanten die onder langedag hadden gestaan, bewortelden bovendien beter. Licht schermen was bevorderlijk voor de beworteling van het stek. Dat gold ook voor stek van moederplanten van *Malus* 'M9' (Bertrums en Kunneman, 1994). Stekken van moederplanten die onder langedag hadden gestaan, hadden minder groeistof (Rhizopon AA, indolboterzuur) nodig dan moederplanten die onder kortedag hadden gestaan. Dit gold zowel voor *Corylus maxima* 'Purpurea', als voor *Betula utilis* var. *Occidentalis* (Joustra en Ruesink, 1989d). Bij *Corylus* zorgde schermen (67% scherm) ervoor dat de optimale concentratie groeistof afnam. Bij *Betula* was dat niet het geval. De reactie van moederplanten op daglengte kan afhangen van het al dan niet groeien van de moederplanten. Stek van groeiende moederplanten van *Juniperus media* 'Old Gold' wortelden beter in langedag dan in kortedag. Stekken van moederplanten in rust bewortelden daarentegen het beste in kortedag (Joustra, 1986). Opkweek van moederplanten onder specifieke daglengten wordt voor de praktijk meestal niet aangeraden, vanwege de extra kosten en het vaak geringe effect (Kunneman en Ruesink, 1992).

6.2.2 Belichting van stek

Bij de beworteling van stek zijn twee fasen te onderscheiden: 1. aanleg van de wortel; 2. uitgroei van de wortel. Wortelaanleg vindt vaak het beste plaats bij een lage lichtintensiteit. Uitgroei van de wortel is vaak juist gebaat bij een hoge lichtintensiteit. Kunneman en Ruesink (1997) vonden verschillen in de reactie op licht in verschillende coniferensoorten. Stek van *Juniperus* bewortelde beter onder een hoge lichtintensiteit (66-83 $\mu\text{mol}^{-1} \text{m}^{-2}$). *Chamaecyparis lawsoniana* en *Cupressocyparia leylandii* bewortelden juist beter onder een lage lichtintensiteit (27-37 $\mu\text{mol}^{-1} \text{m}^{-2}$).

Uit onderzoek op het Proefstation voor de Boomkwekerij in Boskoop kwam naar voren dat het effect van kunstlicht op de wortelvorming van coniferenstek afhankelijk is van de periode waarin wordt belicht. Het beste resultaat werd verkregen in een periode met weinig natuurlijk licht (september-december). Vooral de

lichtintensiteit was van invloed. Daglengtebelichting met gloeilampen had geen effect op de beworteling van de onderzochte coniferen (Joustra en Ruesink, 1989a). Ook in stek van sierheesters had bijbelichting met assimilatielicht vanaf september een positief effect op de beworteling van diverse gewassen (Joustra en Ruesink, 1989b). Positieve effecten werden gevonden in *Acer palmatum* 'Atropurpureum', *Clematis alpina*, *Corylopsis pauciflora* en *Lonicera periclymenum* 'Serotina'. In de laatste drie gewassen had gloeilamplicht ook een positief effect. Stekken van *Magnolia soulangiana*, *Pyracantha japonica* 'Orange Glow', *Skimmia japonica* 'Rubella' en *Weigela florida* 'Variegata' gaven in natuurlijk daglicht al 95-100% beworteling. Belichting gaf hier geen verdere winst. In augustus had bijbelichting geen duidelijke invloed op alle onderzochte soorten. Hoewel licht de beworteling van diverse soorten in het najaar kan bevorderen, is het vaak echter voordeliger om vroeg in de zomer te stekken. Dit heeft ook voordelen voor de hergroei en de overwintering. Verlaging van de lichtintensiteit heeft vaak een negatief effect op de beworteling. Bij het stekken van *Pieris* kan een verlaging van de lichtintensiteit er wel voor zorgen dat het stek minder bloemknoppen gaat vormen. Bloemknopaanleg in stek is ongewenst omdat de hergroei van de stekken dan niet goed is. Om bloemknopaanleg in *Pieris*-stek te verminderen is het manipuleren van de daglengte echter een betere troef. Lange dag stimuleert de vegetatieve groei en voorkomt bloemknopvorming in *Pieris*-stek (Ruesink, 1995a,b; 1998a,b).

6.3 Enten

Er is weinig bekend over effecten van licht op het entresultaat van boomkwekerijgewassen. Op het Proefstation voor de Boomkwekerij in Boskoop werd wel een positief effect van licht op de productie van enthout van dwergrozen vastgesteld (Joustra, 1986).

6.4 Vegetatieve groei

Veel houtige gewassen kennen een of twee groeiperioden per jaar. Tussen de groeiperioden in verkeren de eindknoppen in een zogenaamde opgelegde rusttoestand. Lange dag zorgt ervoor dat deze rust opgeheven wordt en de eindknop weer gaat groeien (Wareing, 1956; Vegis, 1964). Als echte winterrust in de eindknoppen ontstaat, kan een lange dagbehandeling vaak niet meer voor opheffen van deze winterrust zorgen. Hiervoor is een periode koude nodig. In sommige soorten kan een lange dag behandeling wel de knoprust doorbreken, net als dit normaal door een periode koude gebeurt (Pemberton and Wilkins, 1985). Een hoge lichtintensiteit is dan wel belangrijk. Het resultaat is snelle en uniforme bloei. Langedag heeft dus vaak een positief effect op de vegetatieve groei van houtige gewassen. In *Rhododendron catawbiense* bijvoorbeeld kan continue belichting ervoor zorgen dat het aantal groeiperioden per seizoen verdubbelt van twee naar vier. Hierdoor zijn veel eerder bloeiende planten op de markt te brengen. *Rhododendron* kan namelijk pas gaan bloeien als de plant een minimaal aantal groeiperioden doorgemaakt heeft (Doorenbos, 1955; Väinölä en Junttila, 1998). Lange dag zorgt niet alleen voor meer groei, maar ook voor een grotere diameter van de scheuten, meer en groter blad en later stoppen van de groei (Barrick and Sanderson, 1973; Choi, 1991; Ballantyne, 1995). Een nachtonderbreking heeft een vergelijkbaar effect als een lange dag behandeling (Cathey and Taylor, 1965). Bij veel boomkwekerijgewassen nemen groei en kwaliteit af naarmate in een kas sterker geschermd wordt. Bij *Pieris japonica* en *Skimmia japonica* had schermen een negatief effect op de vorming van bloemknoppen (Joustra, 1992).

6.5 Bloei

6.5.1 Daglengte

Terwijl langedag vaak een positief effect heeft op de vegetatieve groei, heeft kortedag in veel soorten een positief effect op de bloeiinductie. Er zijn ook soorten waar lange dag juist een positief effect heeft op de aanleg van bloemknoppen en soorten die niet op daglengte reageren, bijvoorbeeld *Buddleja*. Binnen een geslacht bestaan er vaak grote verschillen in reactie op daglengte. Terwijl *Rhododendron catawbiense* Michx. bloemen initieert na een periode lange dag, vormen de soorten *Rhododendron carolinum* R. en *Rhododendron mucronulatum* Turcz. juist meer bloemknoppen na een periode korte dag (Skinner, 1939). Sommige *Rhododendron*-soorten hebben lange dag nodig voor maximale bloeiinductie en daaropvolgend korte dag (6-8 weken) voor een normale ontwikkeling van de bloemen. Teveel lange dagen kan dan leiden tot abnormaliteiten in de bloemknopontwikkeling (Cathey, 1965). Yokoi and Urabe (1973) vonden dat bloemknopdifferentiatie in de *Azalea* rassen Whitewater en Red Wing versneld werd door een daglengte van 10 uur, terwijl 16 uur een vertragend effect had. Voorwaarde was dan wel dat de temperatuur hoog was tijdens de korte dag behandeling. In de rassen Skylark en Dorothy Gish was er geen sprake van een specifiek daglengte effect.

Op het proefstation voor de Bloemisterij in Aalsmeer is onderzoek gedaan naar de invloed van daglengte op de bloei van een aantal vaste planten (Uitermark, e.a., 1988). Uit dit onderzoek kwam naar voren dat *Phlox maculata* 'Alpha' en *Chelone obliqua* kwantitatieve lange dag planten zijn. Dat betekent dat zowel lange dag als korte dag kan zorgen voor bloei. Onder lange dag condities was de bloei wel beter en sneller. *Solidaster x luteus* kon pas bloemknoppen aanleggen na een bepaalde strekkingsgroei bij lange dag. Daarna stimuleerde korte dag de knopontwikkeling. *Aster ericoides* heeft korte dag nodig om bloemknoppen aan te kunnen leggen (Uitermark e.a., 1988). *Aster* die als snijbloem geteeld wordt laat in de winter een slechte bloembezetting zien. Uit onderzoek in Aalsmeer bleek dat dit niet alleen toe te schrijven is aan de lage lichtintensiteit in de winter, maar ook aan de korte daglengte. Verlenging van de dag met stuurlicht tot 13,5 uur verbeterde de bloembezetting aanzienlijk (Durieux and Blacqui re, 1997).

Bij *Pieris* is het mogelijk de bloei te vervroegen door te starten met een korte dag behandeling zodra de scheuten voldoende uitgegroeid zijn. Een koudeperiode is vervolgens nodig om de aangelegde bloemknoppen uit rust te halen en vervolgens kunnen de planten worden geforceerd in een kas bij 22°C onder een hoge lichtintensiteit (Sytsema and Ruesink, 1991, 1996).

6.5.2 Lichtintensiteit

Niet alleen de daglengte speelt een rol bij de bloemknopvorming, ook de lichtintensiteit heeft effect. Een hoge lichtintensiteit heeft vaak een positief effect op het aantal bloemknoppen, bijvoorbeeld in *Rhododendron* (Auman, 1978; V in l  and Junttila, 1998). Vermindering van de lichtintensiteit had een negatief effect op de bloemgrootte van *Rhododendron catawbiense* 'Roseum Elegans' (Johnson and Roberts, 1971). Bij 95% beschaduwing trad zelfs helemaal geen bloei op. Cathey (1965) vond zelfs dat 25% lichtreductie in een kas leidde tot het wegblijven van de bloei. Een hoge lichtintensiteit tijdens een lange dag behandeling had een positief effect op de groei van *Rhododendron* (V in l  and Junttila 1998). Black (1991) e.a. meldden dat een hoge lichtintensiteit (1100 micro mol m⁻² s⁻¹) de bloei van *Rhododendron* cv. Gloria vervroegt en een positief effect heeft op de bloemkleur.

6.6 Winterrust

Korte dag heeft in veel houtige gewassen een positief effect op het in rust gaan. Effecten van daglengte zijn vaak afhankelijk van de herkomst van een gewas. Zo heeft een *Betula papyrifera* uit Alaska een langere dag nodig om te groeien dan een soortgenoot uit het zuiden van de Verenigde Staten.

7 Conclusies

In vergelijking met de teelt van snijbloemen, potplanten en groenten onder glas wordt bij de teelt van boomkwekerijgewassen slechts beperkt gebruik gemaakt van kunstlicht. Het gebruik van assimilatiebelichting om de productie te verhogen, het seizoen te verlengen en/of de kwaliteit te verhogen speelt geen rol van betekenis in de boomkwekerijsector. Bij de overweging om in de toekomst wel of niet assimilatiebelichting bij de teelt van boomkwekerijgewassen in te gaan zetten, moet steeds kritisch gekeken worden naar de verwachte meeropbrengst c.q. extra kwaliteit/prijs en de extra kosten. Het gebruik van assimilatiebelichting is over het algemeen duur. In dit verband zou de LED technologie in de toekomst mogelijk perspectief kunnen bieden en het verdient dan ook aanbeveling de ontwikkelingen hierin nauwlettend te volgen en hierop tijdig in te springen bij de teelt van visueel aantrekkelijke boomkwekerijproducten.

Een voor de boomkwekerijsector zeker interessante optie in de LED technologie is de mogelijkheid specifieke lichtkleuren, bijvoorbeeld blauw licht extra in te zetten. Tot nu toe is er te weinig aandacht geweest voor het sturen met lichtkleur in de boomkwekerijsector, terwijl de lichtkleur een belangrijk effect heeft op de habitus/vormgeving van een plant. Voor visueel aantrekkelijke boomkwekerijgewassen moeten hier zeker mogelijkheden liggen.

Het gebruik van kunstlicht om de daglengte te beïnvloeden is een optie die in de boomkwekerijsector reeds gebruikt wordt, zij het niet op grote schaal. De kosten van dergelijke behandelingen zijn over het algemeen relatief laag omdat goedkope gloei- of spaarlampen volstaan.

Bij de vermeerdering van boomkwekerijgewassen wordt gebruik gemaakt van extra licht bij het zaaien van diverse vaste planten en bij het stekken van diverse houtige gewassen. Onderzoek in het verleden heeft hiervoor al veel kennis aangedragen.

8 Literatuur

- Anonymous. 2004. Licht... bron van energie én informatie. Vakblad voor de Bloemisterij 36: 36-38.
- Auman, C.W. 1978. Flower initiation in rhododendrons as influenced by temperature and light intensity. North Carolina Flower Growers' Bulletin 22(4/5): 9-14.
- Bakker, J.A., Blacqui re, T. en Hoog, J. de. 1996. Kwalitatieve neveneffecten van assimilatiebelichting. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente. Rapport 53.
- Ballantyne, D.J. 1995. Cultivar, photoperiod, and gibberellin influence on shoot elongation and photosynthetic capacity of hardy azaleas. HortScience 30: 257-259.
- Barrick, W.E. and Sanderson, K.C. 1973. Influence of photoperiod, temperature and node position on vegetative shoot growth of greenhouse azaleas, *Rhododendron* cv. Journal of the American Society for Horticultural Science 98: 331-334.
- Bertrums, E.J. en Kunneman, B.P.A.M. 1994. Beworteling Malus-stek nog sterk te verbeteren. De Boomkwekerij 47: 24-25.
- Black, L.A., Nell, T.A. and Barrett, J.E. 1991. Forcing irradiance, temperature and fertilization affect quality of 'Gloria' azalea. HortScience 26(11): 1397-1400.
- Blacqui re, T. 1992. Photomorphogenesis. Acta Horticulturae 305: 113-115.
- Cathey, H.M. 1965. Initiation and flowering of *Rhododendron* following regulation by light and growth retardants. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 86: 753-760.
- Cathey, H.M. and Taylor, R.L. 1965. Regulating flowering of *Rhododendron*. light and growth retardants. American Nurseryman 121(1): 10-12, 115-121.
- Cerny, T.A., Faust, J., Layne, D. and Rajapakse, N.C. 2003. Flower development of photoperiod sensitive species under modified light environments. Journal of the American Society for Horticultural Science. 128: 486-491.
- Choi, B.J. 1991. Effects of photoperiod on the growth and flower differentiation of *Rhododendron yedoense* var. poukanense for. Albiflora Chang. Journal of the Korean Society for Horticultural Science 32(4): 513-517.
- Doorenbos, J. 1955. Shortening the breeding cycle of *Rhododendron*. Euphytica 4: 141-146.
- Durieux, A. en Blacqui re, T. 1997. Sturing van de bloemontwikkeling van aster door daglengte. Rapport 109. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Aalsmeer.
- Hemming S. en Dueck, T. 2004. Welke lichtkleur heeft de plant nodig? Vakblad voor de Bloemisterij 36: 44-45.
- Hemming S. en Rijssel, E. van. 2004. Maak maximaal gebruik van natuurlijk licht. Vakblad voor de Bloemisterij 34: 40-41.
- Johnson, C.R. and Roberts, A.N. 1971. The effect of shading *Rhododendron* stock plants on flowering and rooting. Journal of the American Society for Horticultural Science 96: 166-168.
- Joustra, M.K. 1986. Belichting van boomkwekerijgewassen. Ervaringen uit het onderzoek in binnen- en buitenland. In: Licht op belichten. Consulentschap voor de Boomteelt.
- Joustra, M.K. en Ruesink, J.B. 1989a. Effect kunstlicht op coniferenstek afhankelijk van jaargetijde. Vooral assimilatielicht gunstig. De Boomkwekerij 36: 10-13.
- Joustra, M.K. en Ruesink, J.B. 1989b. Bijbelichting sierheester-stek pas zinnig vanaf september. De Boomkwekerij 38: 18-19.
- Joustra, M.K. en Ruesink, J.B. 1989c. Langedag-behandeling moerplant bevordert beworteling *Corylus*-stek. De Boomkwekerij 41: 18-19.
- Joustra, M.K. en Ruesink, J.B. 1989d. Stek van moerplanten uit lange dag behoeft minder groeistof. De Boomkwekerij 46: 14-15.
- Kamp, P. en Stijger, H. 2006. Effect lamplicht op planttemperatuur veel groter dan natuurlijk licht. Onder Glas 4: 46-47.
- Khattak, A.M., Pearson, S., Johnson, C.B. 2004. The effects of far-red spectral filters and plant density on the growth and development of chrysanthemums. Scientia Horticulturae 102: 335-341.
- Kierkels, T. 2007. Belichting met LED's maakt nieuwe manier van telen mogelijk. Onder Glas 4(5): 43-45.
- Kunneman, B.P.A.M. and Ruesink, J.B. 1992. Beter stek van moerplanten uit kas. De Boomkwekerij 45: 22-23.

- Kunneman, B.P.A.M. and Ruesink, J.B. 1997. Interactions between light, temperature and CO₂ in rooting of conifer cuttings. *Acta Horticulturae* 418: 97-101.
- Mohr, H. and Schopfer, P. 1995. *Plant Physiology*, Springer, Berlin, Germany.
- Pemberton, H.B. and Wilkins, H.F. 1985. Seasonal variation on the influence of low temperature, photoperiod, light source, and GA in floral development of the evergreen *azalea*. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 110(5): 730-737.
- Pérez, M., Teixeira da Silva, J.A. and Lao, M.T. 2006. Light management in Ornamental Crops. *Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology Volume IV*. Global Science Books, UK.
- Pettersen, H. 1972. The effect of temperature and daylength on shoot growth and bud formation in azaleas. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 97(1): 17-24.
- Ruesink, J.B. 1995a. Bloemknopvorming in *Pieris*-stek te voorkomen. Temperatuur, daglengte en lichtintensiteit zijn bepalend. *De Boomkwekerij* 2: 22-23.
- Ruesink, J.B. 1995b. Met weinig kosten veel werk besparen: lange dag beperkt bloemknoppen bij *Pieris*-stek. *De Boomkwekerij* 48: 24-25.
- Ruesink, J.B. 1998a. Effect daglengte, temperatuur bloemknopvorming in *Pieris*-stek. *Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop. Rapport 52*.
- Ruesink, J.B. 1998b. Long day treatment prevents flower bud formation in *Pieris* cuttings. *Gartenbauwissenschaft* 63 (5): 221-227.
- Runkle, E.S. and Heins, R.D. 2002. Stem extension and subsequent flowering of seedlings under a film creating a far-red deficient environment. *Scientia Horticulturae* 96: 257-265.
- Runkle, E.S. and Heins, R.D. 2005. Manipulating the light environment to control flowering and morphogenesis of herbaceous plant. *ISHS 5th International Symposium on Artificial Lighting in Horticulture, Lillehammer, Norway*.
- Skinner, H.T. 1939. Factors affecting shoot growth and flower bud formation in *Rhododendrons* and *Azaleas*. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 37: 1007-1011.
- Sytsema, W. en Ruesink, J.B. 1991. Mogelijkheden vervroeging: *Pieris japonica* 'Debutante' voor kerst in bloei. *De Boomkwekerij* 30/31: 15.
- Sytsema, W. and Ruesink, J.B. 1996. Forcing *Pieris japonica* 'Debutante'. *Scientia Horticulturae* 65: 171-180.
- Uitermark, K., Krogt, T. van de, Steen, M. van de, Wurff, T. van de en Mens, B. 1988. Invloed van daglengte op ontwikkeling en bloei van vaste planten. *Rapport 55. Proefstation voor de Bloemisterij, Aalsmeer*.
- Vainola, A. and Junttila, O. 1998. Growth of *Rhododendron* cultivars as affected by temperature and light. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73(6): 812-821.
- Vince-Prue, D. 1984. Light and the flowering process – setting the scene. In: *Light and the flowering process*. Eds. D. Vince-Prue, B. Thomas and K.E. Cockshull. Academic Press, London.
- Vegis, A. 1964. Dormancy in higher plants. *Annual Review Plant Physiology* 7: 185-224.
- Visser, P. 2007. Led maakt efficiëntie-sprong. *Vakblad voor de Bloemisterij* 45: 34-35.
- Wareing, P.F. 1956. Photoperiodism in woody plants. *Annual Review Plant Physiology* 7: 191-214.
- Yokoi, K. and Urabe, S. 1973. Studies on all year round flowering in azaleas. I. The effects of short days on flower bud differentiation. *Bulletin of the Nara Agricultural Experiment Station* 5: 18-26.