

Stekken onder LED-verlichting 2

Stekken van boomkwekerijgewassen onder LED in een
meerlagensysteem zonder daglicht; proeven 2011-2012

Pieter van Dalfts en Leo Slingerland

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving,
onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit
PPO nr. 3236144600; PT nr. 14072.02
December 2012

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. 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 DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO-Projectnummer: 32 361446 00
PT-Projectnummer: 14072.02

De bomen- en vaste plantensector investeert in dit project via het  Productschap **Tuinbouw**

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

Adres : Postbus 85, 2160 AB Lisse
: Prof. Van Slogterenweg 2, 2161 DW Lisse
Tel. : +31 252 46 21 21
Fax : +31 252 46 21 00
E-mail : infobomen.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Samenvatting

De toepassing van LED-licht staat de laatste jaren volop in de belangstelling in de tuinbouw. Deze manier van belichten kent namelijk enkele grote voordelen, zoals een specifiek lightspectrum en energiezuinige belichting. In 2010-2011 is een verkenning uitgevoerd naar de mogelijkheden van het stekken van boomkwekerij-gewassen in een geconditioneerde klimaatruimte met LED-belichting in een meerlagensysteem. Op deze wijze is het proces beter te sturen omdat alle factoren (licht, temperatuur, vocht) naar behoefte geregeld kunnen worden. Ook kan efficiënt CO₂ worden toegediend. Dit alles kan leiden tot een betere en snellere beworteling.

In dit rapport wordt het vervolgonderzoek beschreven naar dit nieuwe stekstelsel. Het doel van het project was om inzicht te krijgen in het effect van de lichtkleur op de bewortelingsnelheid van enkele belangrijke boomkwekerijgewassen.

Het stekken van boomkwekerij-gewassen in een geconditioneerde klimaatruimte met LED-belichting in een meerlagensysteem blijkt goed mogelijk. Een lichtintensiteit van 40 µmol/m²/sec gedurende 16 uur per dag met LED-licht bleek voldoende voor goede stekresultaten bij de geteste gewassen. Dit komt neer op een lichtsom 2,3 mol/m²/ per dag. Ter vergelijking: onder kasomstandigheden is in het voorjaar de lichtsom naar schatting 10 mol/m²/ per dag.

In dit onderzoek zijn 4 verschillende gewassen betrokken. Met drie gewassen zijn in de winter bewortelingsproeven gedaan (*Buxus*, *Platycladus* en *Rhododendron*) en met drie gewassen in het voorjaar (*Buxus*, *Platycladus* en *Leucothoe*). Bij alle gewassen zijn bij een of meer celbehandelingen betere resultaten geboekt dan bij de referentiebehandeling in de kas. De verbeteringen betroffen de bewortelingsnelheid, het slagingspercentage, de uniformiteit en/of een betere plantkwaliteit in de vervolgteelt. De resultaten bleken echter afhankelijk van het gewas (Tabel A), het seizoen (temperatuur) en ook van de toegepaste lichtkleuren (Tabel B). Bij de geteste gewassen werden in het algemeen de beste resultaten behaald met 100% blauw licht of 100% rood licht + verrood licht.

Tabel A. Samenvatting van gevonden voordelen per gewas bij stekken in een meerlaagssysteem met LED-belichting t.o.v. stekken in kas (zonder bijbelichting).

	Verbeterde slaging	Teeltversnelling	Betrouwbare planning beworteling	Plantkwaliteit
<i>Buxus</i>	niet	Groot effect in winter; ook effect in voorjaar	mogelijk	-
<i>Platycladus</i>	ca. 10% in voorjaar	Groot effect in winter	mogelijk	-
<i>Rhododendron</i>	ca. 10%	Groot effect in winter	-	Meer vertakking, meer bloemknoppen
<i>Leucothoe</i>	ca. 10%	Beperkt in voorjaar	-	-

:- niet onderzocht.

Tabel B. Samenvatting gewasreactie op lichtkleur LED in meerlaagssysteem in vergelijking met stekken in de kas.

	100% blauw	75% rood, 25% blauw	100% rood	75% rood, 25% blauw + verrood	100% rood + verrood
<i>Buxus</i>	+	(+)/-	+	-	+/-
<i>Platycladus</i>	+	+/-	+/-	+/-	+
<i>Rhododendron</i>	+/-	+/-	+	+	+
<i>Leucothoe</i>	+	+/-	-	+	+

+ duidelijk positief effect
 +/- gering positief effect
 - geen verbetering t.o.v. stekken in kas

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	3
1 INLEIDING	7
2 MATERIAAL EN METHODE	9
2.1 Proefopstelling	9
2.2 Gewassen	10
2.3 Beoordelingen	10
2.3.1 Beoordeling beworteling	10
3 RESULTATEN PER GEWAS.....	13
3.1 Buxus	13
3.1.1 Winterronde.....	13
3.1.2 Voorjaarsronde	14
3.1.3 Vergelijking winter en voorjaarsronde	15
3.2 Platycladus.....	16
3.2.1 Winterronde.....	16
3.2.2 Voorjaarsronde	16
3.2.3 Vergelijking winter- en voorjaarsronde.....	18
3.3 Rhododendron	18
3.4 Leucothoe.....	21
4 DISCUSSIE	23
5 CONCLUSIES	27
LITERATUURLIJST	29

1 Inleiding

Het stekken van boomkwekerijgewassen gebeurt normaliter in kassen. Voor een goed stekresultaat is het microklimaat erg belangrijk, zoals RV, temperatuur, licht en CO₂-gehalte. Hierbij wordt het daglicht als lichtbron gebruikt, de RV wordt verhoogd d.m.v. folietunnels of vernevelsystemen en de temperatuur wordt geregeld d.m.v. verwarming of het openen van de ramen. In de praktijk kunnen niet altijd alle factoren optimaal worden gemaakt. In de zomer kunnen de temperaturen bijvoorbeeld oplopen tot boven de 40°C. De factor licht kan worden aangevuld met bijbelichting. Dit heeft vooral bij het stekken in het najaar en winter een positief effect op het stekresultaat, maar tot nu toe is bijbelichting meestal niet rendabel.

Een relatief nieuwe manier van belichten is de toepassing van LED-licht, wat de laatste jaren volop in de belangstelling staat in de tuinbouw. Deze manier van belichten kent namelijk enkele grote voordelen:

- a. beter op de gewenste plaats te krijgen, bijvoorbeeld tussen het gewas,
- b. optimale afstelling van het gewenste lichtspectrum, waardoor betere gewassturing mogelijk is
- c. weinig warmteontwikkeling, waardoor meerlagenteelt mogelijk is
- d. energiezuinig: nabije toekomst (< 5 jaar)

In 2010-2011 is een verkenning uitgevoerd naar de mogelijkheden van het stekken van boomkwekerijgewassen in een geconditioneerde klimaatruimte met LED-belichting in een meerlagensysteem. Het proces is dan beter te sturen omdat alle factoren (licht, temperatuur, vocht) naar behoefte geregeld kunnen worden. Ook kan efficiënt CO₂ worden toegediend. Daarnaast kunnen de vertakking en de beworteling verbeteren door een optimale inzet van de gewenste lichtkleuren (mogelijkheid om alleen de gewenste lichtkleuren te geven). Omdat LED-belichting relatief weinig warmte afgeeft, kan het goed in een meerlaags systeem toegepast worden. Dit kan een enorme ruimtebesparing opleveren (wellicht meer dan 80%). Dit is positief met het oog op de ruimteconcurrentie in Nederland. Door onafhankelijkheid van de weersomstandigheden, zal het klimaat beter kunnen worden gestuurd. Uit deze verkenning bleek dat het technisch mogelijk is om boomkwekerijgewassen onder alleen LED-licht te stekken. Buxus en Ceanothus hadden daarbij minimaal 25 micromol/m²/s nodig voor een goede wortelvorming. De invloed van de lichtkleuren (blauw, rood en verrood) bleek te kunnen verschillen per gewas (Van Dalfsen *et al.*, 2011).

In dit rapport wordt het vervolgonderzoek beschreven naar dit nieuwe steksysteem. Het doel van het project is om inzicht te krijgen in het effect van de lichtkleur op de bewortelingssnelheid van enkele belangrijke boomkwekerijgewassen. Deze fase van het onderzoek richtte zich expliciet op de zogenoemde wortelinitiatiefase, om te achterhalen hoeveel de bewortelingssnelheid kan worden verhoogd.

In de boomkwekerij zijn er ook initiatieven om LED toe te passen in de kas tijdens de lichtarme winterperiode. Een dergelijke toepassing vraagt een minder ingrijpende aanpassing van het systeem en is eerder rendabel. Deze toepassing is, naast vermeerdering in de kas zonder LED, als tweede referentie meegenomen in het onderzoek.

2 Materiaal en methode

In overleg met de begeleidingscommissie van dit project (bestaande uit vertegenwoordigers van 6 stekbedrijven en W. van Ieperen, Wageningen University) is verondersteld dat het bewortelingsproces, overeenkomstig de resultaten van Loach en Gay (1979), in twee stappen is op te delen:

1. Initiatiefase: aanleg van wortelpunten; lichtintensiteit is waarschijnlijk minder belangrijk, maar wel de lichtkleurverhouding.
2. Doorgroefase: doorgroei van wortels, groei van bovengronds gewas, waardoor ondergrondse groei weer gestimuleerd wordt. Lichtintensiteit in deze fase is wel belangrijk voor voldoende fotosynthese.

Er is gekozen om de proeven op de initiatiefase te richten. Een stimulatie in dit proces kan een versnelling en een verbetering van de beworteling betekenen bij relatief lage lichtniveau's. Uit het onderzoek in 2010-2011 bleek dat sommige gewassen minimaal 25 micromol/m²/s nodig hadden; daaronder was er blijkbaar netto te weinig fotosynthese voor de aanmaak van nieuwe suikers (=energie).

2.1 Proefopstelling

Er is gebruik gemaakt van een opstelling op VBA-karren met elk twee teeltlagen (1,2 x 1,0 meter), zie Figuur 1. De boven- en onderlaag hadden dezelfde lichtopbouw; de proef had daarmee 2 herhalingen. De karren werden gescheiden door zwart folie. Tussen de teeltlagen is een isolatieplaat aangebracht om warmtestraling van de lichtarmaturen naar boven tegen te gaan. Op de teeltlaag werd plastic folie gelegd en daarop een bevoeiingsmat. Hierop werden 3 stektrays geplaatst, 1 tray per gewas, 104 stekken per tray. Over het stek stond een lage tunnel (ca. 25 cm) van stekfolie. De LED-modules waren van het type GreenPower LED HF (Philips). De afstand tussen de LED-armaturen en de vloer was 80 cm (ca. 70 cm tot bovenzijde van het gewas). De ingestelde daglengte was 16 uur (7.30 tot 23.30 uur). De lichtintensiteit (PAR) was ingesteld op 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ voor de totale lichthoeveelheid. De lichtintensiteit van het verrood licht was 15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$. De temperatuur in de klimaatruimte stond ingesteld op 17°C.



Figuur 1. De proefopstelling met 100% blauwe LED's op een VBA-kar met twee teeltlagen.

De proef bestond uit 5 behandelingen in de klimaatcel en 2 referentiebehandelingen in de praktijk, zie Tabel 1. De beide referentiebehandelingen zijn uitgevoerd op een stekbedrijf in een lage tunnel met bodemwarmte (12°C). In de referentiebehandeling met LED werd aanvullend 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ gegeven met een LED-

armatuur met 80% rood en 20% blauw (vanaf begin proef tot ca. half april). Per kasbehandeling werden 3 stektray's ingezet. Bij *Platycladus* werd in de tunnel extra stekfolie op het stek gelegd.

Tabel 1. Uitgevoerde lichtbehandelingen

	Behandeling
1	kas zonder LED (referentie praktijk)
2	kas met LED (referentie praktijk)
3	100% blauw
4	75/25 rood/blauw
5	100% rood
6	75/25 rood/blauw + verrood
7	100% rood + verrood

Aan het begin van de proef zijn de lichtbehandelingen ingeregeld met een fotospectrometer. Aan het eind van de proef zijn nogmaals op 9 posities per laag de lichtniveaus gecontroleerd. Hierin zijn geen afwijkingen geconstateerd, zodat aangenomen mag worden dat de lichtniveau's gedurende de proef constant gebleven zijn.

2.2 Gewassen

De proef is uitgevoerd met 2 stekrondes na elkaar (deels overlappend). Per stekronde is in overleg met de begeleidingscommissie een gewaskeuze gemaakt. De keuze hiervan is gebaseerd op enerzijds een afspiegeling van de sector en anderzijds de geschiktheid om deze in die periode te kunnen stekken. In de proef zijn in totaal vier gewassen opgenomen (Tabel 2).

Tabel 2. De 4 proefgewassen, verdeeld over 2 stekronden.

gewas
1^e ronde (13 december 2011)
<i>Buxus sempervirens</i>
<i>Platycladus orientalis</i> Aurea Nana'
<i>Rhododendron</i> 'Azurka '
2^e ronde (vanaf 1 maart 2012)
<i>Buxus sempervirens</i>
<i>Platycladus orientalis</i> Aurea Nana'
<i>Leucothoe</i> 'Curley Red '

Om de vergelijking met de praktijk zo goed mogelijk te maken, is gekozen om elk gewas te behandelen volgens de aanwijzingen van de betrokken stekleverancier. Dit gold voor het gebruikte type stektray, de keuze van het gebruikte stekmedium en het wel of niet behandelen met bewortelingshormonen. De stekken zijn door het stekbedrijf geknipt en klaargemaakt. De stekken zijn gedurende de proef wekelijks gelucht en per tray naar behoefte watergegeven.

2.3 Beoordelingen

2.3.1 Beoordeling beworteling

Omdat elk gewas zijn eigen bewortelingssnelheid heeft, is per gewas een waarnemingsschema gebruikt.

Deze staat weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3. Beoordelingsmomenten (weken na inzetten) per gewas per stekronde

Gewas	Beoordelingsmomenten							
Ronde 1 (vanaf 13 december)								
Buxus		4	6	8	10	13 ^r	15 ^r	17 ^r
Platycladus		4	6	8	10	13	15	17
Rhododendron		4	6	8	10 ^r			
Ronde 2 (vanaf 1 maart)								
Buxus		4	6	8	10	13		
Platycladus		4	6	8	10	13	15 ^c	19
Leucothoe	2	4	6	8	10	13		

^r alleen waarneming in referentie

^c alleen waarneming in cel

De beworteling van de stekken is beoordeeld aan de hand van de volgende index:

- 0: geen
- 1: lichte callusvorming
- 2: callusvorming (goed)
- 3: waarneembare wortelprimordia
- 4: 1^e uitgroei wortelpuntjes
- 5: doorgroei wortelpunten (tot 1 cm)
- 6: ontwikkelde wortels (cm's)
- 7: wortels tot bodem cup
- 8: volledig beworteld

Daarbij richtte de proef zich op de ontwikkeling van index 0 tot index 4 (wortelinitiatie). Zodra het gemiddelde van de behandeling boven index 4 (1^e uitgroei wortelpuntjes) kwam, werd de proef gestopt. Bij de tussenbeoordeling werden steeds 15 stekken beoordeeld in de celbehandelingen en 10 stekken in de kasbehandelingen (3 tray's ipv 2 trays). Per beoordeling is een volgende rij stekken genomen. Bij de eindbeoordeling zijn 50 stekken beoordeeld, uit het midden van de tray. Een stek is dus maximaal twee keer uit de cup gehaald voor een beoordeling.

Omdat de proef zich richtte op de wortelinitiatie en niet tot een volledige beworteling gevolgd is, is op basis van de wortelindex een fictief slagingspercentage berekend. Stekken met een index van 4 of hoger zijn daarbij gerekend als geslaagd.

2.3.1.1 Klimaatgegevens

Gedurende de proef is op 8 verschillende locaties in de cel een temperatuursensor (FD-sensor) onder de stektray met Buxus geplaatst (bodemtemperatuur). Elk uur werd een automatische meting gedaan. Daarnaast is in elke behandeling de luchttemperatuur en RV onder het stekfolie gemeten (Temptale 4 datalogger), met een interval van 1 uur. Bij beide referentiebehandelingen in de praktijk is eveneens per uur de temperatuur en RV gemeten m.b.v. een Temptale 4 datalogger.

De gemiddelden, minimale en maximale temperatuur en RV gedurende de eerste ronde staan vermeld in Tabel 4. De gegevens van de verschillende behandelingen in de cel zijn hierin gemiddeld. De gemiddelde temperatuur in de kas was lager dan in de cel. Gemiddeld was het in de referentie met LED iets koeler (1°C) dan in de referentie zonder LED. De temperatuur in de cel was veel stabielier dan in de kas. In de kas onder het folie werd al voor half april een keer ruim 38°C gemeten. De gemiddelde RV in de kas en de cel bleken wel vergelijkbaar. In de cel was er een wat grotere variatie in de RV. Dit is terug te herleiden tot specifieke herhalingen (4B en 6B).

Tabel 4. Temperatuur en RV gegevens van de klimaatcel en de praktijksituatie gedurende de 1^e ronde (13 december tot 13 april, 17 weken)

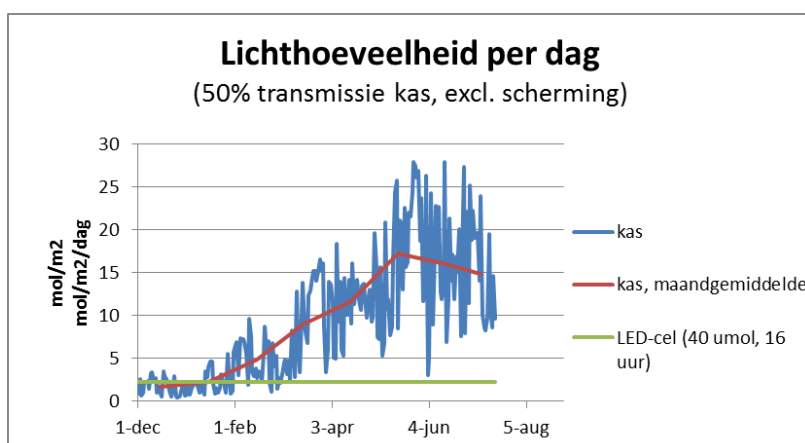
	Temperatuur				RV		
	LED-cel	LED-cel	Praktijk	Praktijk	LED-cel	Praktijk	Praktijk
	gemiddeld	gemiddeld	kas zonder LED	kas met LED	gemiddeld	kas zonder LED	kas met LED
	Bodem	Lucht	Lucht	Lucht			
gemiddelde	16.6	16.9	13.3	12.0	96.1	96.3	95.6
st.dev	0.7	1.0	3.8	4.9	4.2	1.7	3.3
min	13.4	13.5	8.3	3.1	51.9	80.4	67.3
max	23.0	21.4	31.7	38.7	100.0	100.0	100.0

In Tabel 5 is te zien dat gemiddelde temperatuur in de 2^e ronde in de kas iets hoger lag dan in de klimaatcel. Opvallend is vooral de grote spreiding in temperatuur in de kas (tussen 6,7 en 41,5 °C). De maximumtemperatuur is weliswaar een incident, maar in totaal is het in de 2^e ronde 270 uur boven 30°C geweest. De RV in de kas en in de cel was min of meer vergelijkbaar.

Tabel 5. Temperatuur en RV gegevens van de klimaatcel en de praktijksituatie gedurende de 2^e ronde (1 maart tot 11 juli, 19 weken)

	Temperatuur				RV		
	LED-cel	LED-cel	Praktijk	Praktijk	LED-cel	Praktijk	Praktijk
	gemiddeld	gemiddeld	kas zonder LED	kas met LED	gemiddeld	kas zonder LED	kas met LED
	Bodem	Lucht	Lucht	Lucht			
gemiddelde	16.7	17.1	18.0	18.6	96.8	uitgevallen	96.3
st.dev	0.8	1.1	5.9	7.2	2.4		3.2
min	13.5	14.3	8.4	6.7	41.8		62.7
max	23.4	23.2	40.2	41.5	100.0		100.0

Van het dichtstbijzijnde weerstation bij het referentiebedrijf (KNMI, Vliegbasis Eindhoven) is de stralingssom (J/m^2) per dag opgevraagd gedurende de proefperiode. Met een aantal aannames gebaseerd op Dueck (2008) en een lichttransmissie van de kas van 50% (geen schoon kasdek) is de stralingssom omgerekend naar mol PAR/ m^2 /dag. Deze gegevens zijn niet gecorrigeerd voor scherming in de kas bij te hoge instraling. In mei tot juli liep de gemiddelde lichthoeveelheid op tot boven 15 mol/ m^2 /dag met uitschieters tot 28 mol/ m^2 /dag. Wanneer het effect van scherming meegeteld wordt, zal de lichthoeveelheid in de kas naar schatting niet boven de 10 mol/ m^2 /dag uitkomen. Bij de lichtbehandelingen in de cel was de lichtsom per dag continu 2,3 mol/dag.



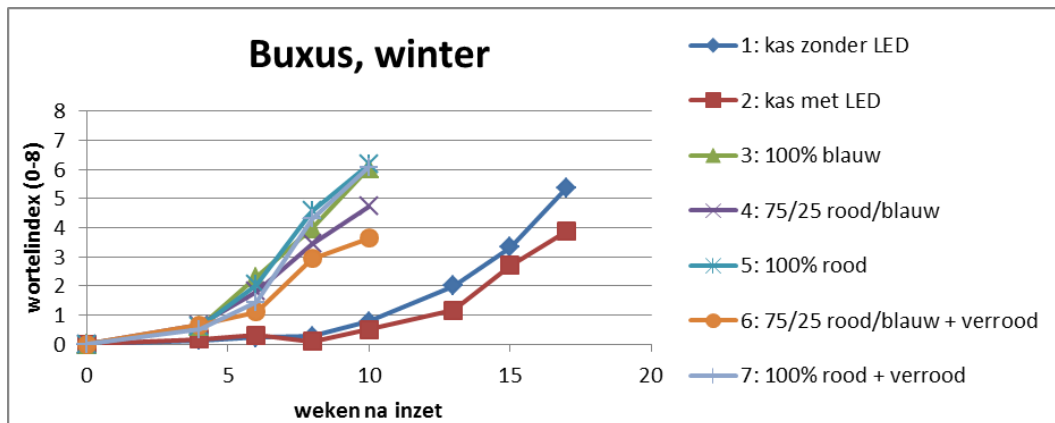
Figuur 2. Verloop lichthoeveelheid (mol/ m^2 /dag) gedurende de proefperiode in de kas en de LED-cel. De lichthoeveelheid is niet gecorrigeerd voor scherming in de kas bij te hoge instraling

3 Resultaten per gewas

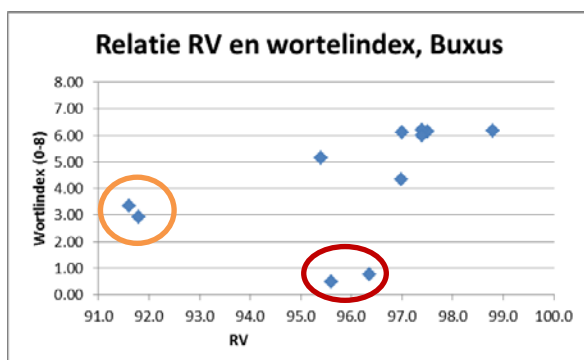
3.1 Buxus

3.1.1 Winterronde

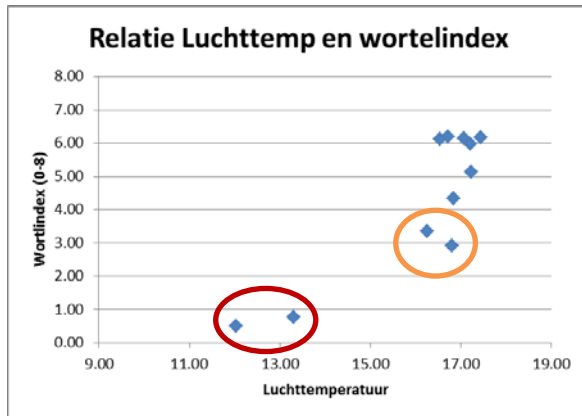
Het verloop van de beworteling van Buxus in de winterronde in de tijd is te zien in Figuur 3. De celbehandelingen (3-7) hebben een duidelijke voorsprong op de beide kasbehandelingen (1,2). De benodigde tijd om wortelpuntjes te maken, halveerde, namelijk van 17 weken in de kas naar ca. 8 weken in de cel. In de kas zonder LED werd uiteindelijk een iets betere beworteling behaald dan in de kas met LED. Tussen de LED-behandelingen is er enig verschil te zien. De behandelingen met alleen blauw of alleen rood zijn vergelijkbaar, de behandelingen met een combinatie van rood en blauw wijken af. In beide behandelingen was 1 herhaling (onderlaag) duidelijk slechter, waarbij tegelijk de gemiddelde RV duidelijk lager was (Figuur 4, oranje omcirkeling). De beide kasbehandelingen toonden ook een duidelijk lagere wortelindex, maar daarbij was de gerealiseerde RV vergelijkbaar met die bij de andere celbehandelingen, terwijl de gemiddelde temperatuur duidelijk lager was.



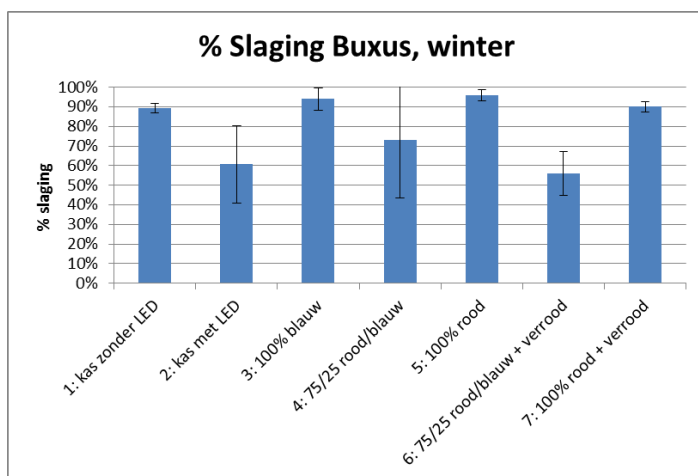
Figuur 3. Verloop van het bewortelingsproces van *Buxus sempervirens* in de diverse celbehandelingen en de vergelijking met de praktijk in de winterronde.



Figuur 4. Relatie tussen gemiddelde RV en behaalde wortelindex per herhaling na 10 weken van *Buxus sempervirens* tijdens de 1^e stekronde. Beide kasbehandelingen zijn rood omcirkeld. Behandeling 4B en 6B zijn oranje omcirkeld.



Figuur 5. Relatie tussen gemiddelde luchttemperatuur en behaalde wortelindex per herhaling na 10 weken van *Buxus sempervirens* tijdens de 1^e stekronde. Beide kasbehandelingen zijn rood omcirkeld. Behandeling 4B en 6B zijn oranje omcirkeld.

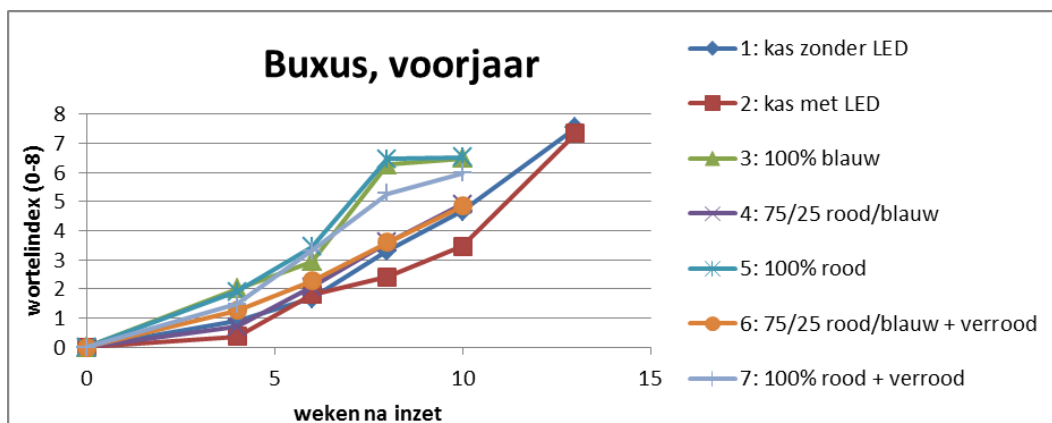


Figuur 6. Slagingspercentage van *Buxus sempervirens* in de 1^e stekronde. In beide kasbehandelingen het resultaat na 17 weken, in de celbehandelingen na 10 weken. Per behandeling is de standaarddeviatie weergegeven.

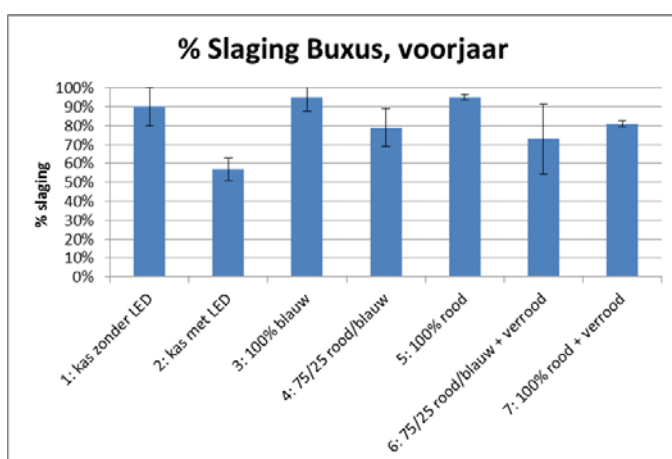
Voor het moment van eindbeoordeling is het fictieve slagingspercentage berekend (% stekken met index 4 of hoger) (Figuur 6). Het resultaat in de kas met LED blijft achter, evenals de celbehandelingen met gecombineerd rood/blauw licht. Van de celbehandelingen scoren de behandelingen met alleen blauw of alleen rood het beste. Toevoeging van verrood lijkt een negatief effect te hebben.

3.1.2 Voorjaarsronde

In de voorjaarsronde was opnieuw te zien dat diverse celbehandelingen een snellere wortelontwikkeling hadden dan beide kasbehandelingen (Figuur 7); maar het verschil was minder groot dan in de winterperiode. De voorsprong was ca. 3 weken. De kasbehandeling met LED liep even achter, maar bij de eindbeoordeling was het verschil verdwenen. Van de celbehandelingen bewortelden de stekken in beide behandelingen met een combinatie van rood en blauw langzamer dan onder puur rood of puur blauw. Deze behandelingen kenden ook een grotere variatie in de RV.



Figuur 7. Verloop van het bewortelingsproces van *Buxus sempervirens* in de diverse celbehandelingen en de vergelijking met de praktijk in de voorjaarsronde.

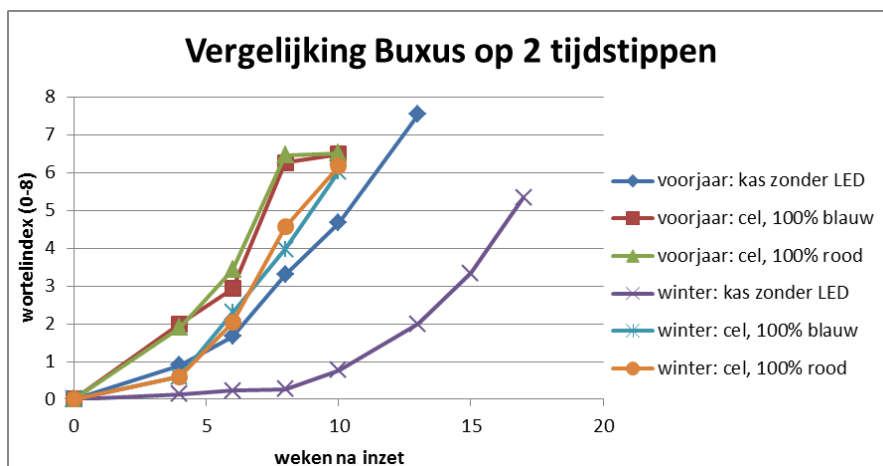


Figuur 8. Geschat slagingspercentage van *Buxus sempervirens* in de 2^e stekronde na 10 weken. Per behandeling is de standaarddeviatie weergegeven.

In Figuur 8 is het fictief slagingspercentage weergegeven van de voorjaarsronde in Buxus na 10 weken. Voor de kas zonder LED is het slagingspercentage vergelijkbaar met de LED-behandelingen rood of blauw. In de kas met LED bleef de beworteling nog achter. Ook de celbehandelingen met een combinatie van rood en blauw LED blijven achter. Bij behandelingen 1 en 2 ging het na 10 weken nog om een tussenbeoordeling. Na 13 weken kregen alle stekken in deze behandelingen een index 4 of hoger, dus een fictief slagingspercentage van 100%. Daarmee eindigden de stekken in de kas met LED gelijk aan die in de kas zonder LED.

3.1.3 Vergelijking winter en voorjaarsronde

Het is interessant om de resultaten van de winter en voorjaarsronde met elkaar te vergelijken. Figuur 9 laat zien dat de kasbehandeling in het voorjaar duidelijk sneller verloopt dan in de winter. De celbehandelingen lopen steeds voor op de kasbehandelingen. Aanvankelijk hadden de voorjaarsbehandelingen in de cel iets voorsprong op de winterbehandeling in de cel, maar ze eindigden vergelijkbaar. Per tijdstip is het bewortelingsproces onder 100% rood licht of 100% blauw licht opmerkelijk vergelijkbaar.

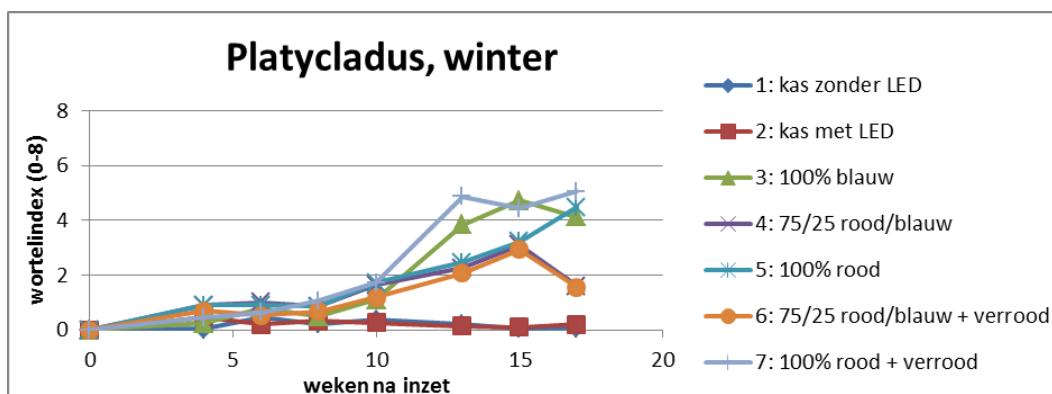


Figuur 9. Verloop van het bewortelingsproces van *Buxus sempervirens* in de diverse behandelingen in de winter en voorjaarsronde.

3.2 Platycladus

3.2.1 Winterronde

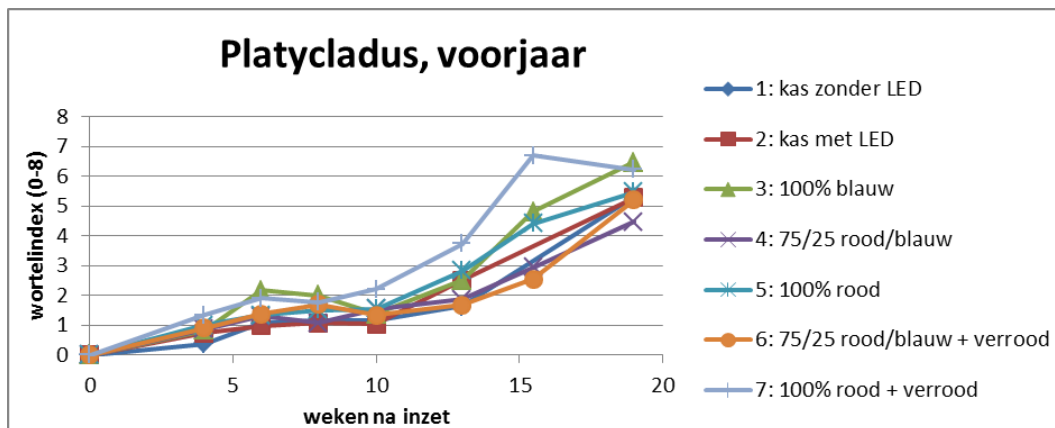
Figuur 10 toont het verloop van de beworteling van *Platycladus*. Hierin is opvallend dat beide referentiebehandelingen geen beworteling plaatsvindt. Aanvankelijk hebben enkele stekken wel enige callusontwikkeling, maar na enkele weken was er veel sprake van voetrot en varenrouwmuglarven. Na 17 weken was er geen zicht op herstel en is de beoordeling gestopt. In de celbehandelingen kwam de beworteling wel op gang. De behandelingen 'rood+verrood' en 'blauw' leken vanaf 10 weken een voorsprong op te bouwen, maar bij de eindbeoordeling verschilden deze niet significant van de behandeling 'rood'. In beide behandelingen met rood en blauw is er na 15 weken een opmerkelijke afname te zien in het gemiddelde. Op dat moment was er in deze behandelingen meer verdroging te zien, zonder duidelijke reden.



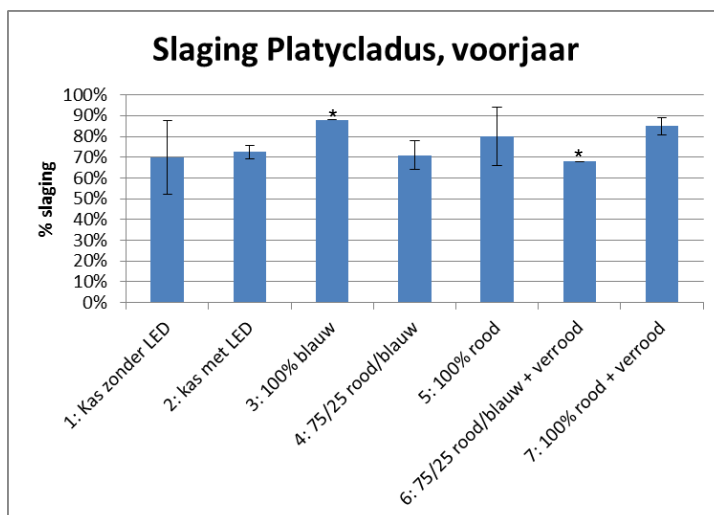
Figuur 10. Verloop van het bewortelingsproces van *Platycladus* in de diverse celbehandelingen en de vergelijking met de praktijk in de winterronde.

3.2.2 Voorjaarsronde

In de voorjaarsronde kwam de beworteling in beide referentiebehandelingen wel op gang (Figuur 11). De behandeling 'rood+verrood' had de snelste wortelontwikkeling. De overige behandelingen verschilden niet van de referentiebehandelingen. In de behandeling 'blauw' was er in 1 herhaling sprake van zware schimmelaantasting. Bij de behandeling '75% rood, 25% blauw + verrood' waren de stekken vlak voor de eindbeoordeling verdroogd. De RV in deze behandeling zakte tussen 80 en 90% i.p.v. boven de 95% te blijven. Beide genoemde herhalingen zijn weggelaten uit de getoonde grafieken.

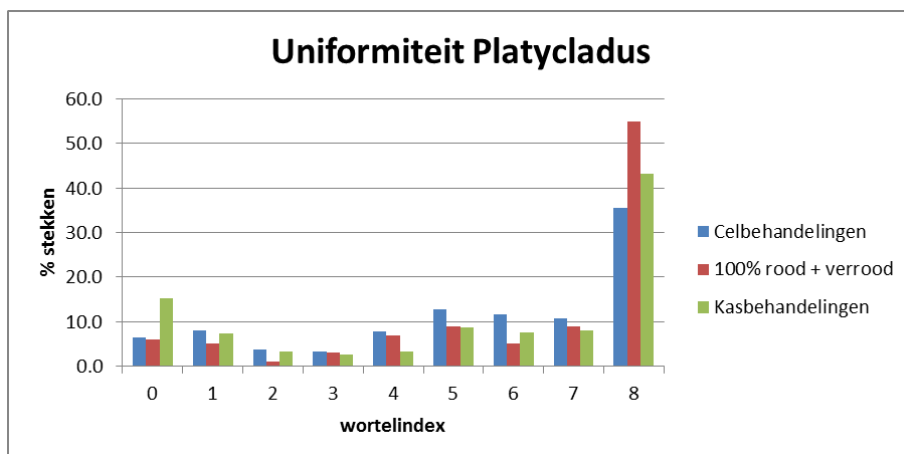


Figuur 11. Verloop van het bewortelingsproces van *Platyclusus* in de diverse celbehandelingen en de vergelijking met de praktijk in de voorjaarsronde.



Figuur 12. Geschat slagingspercentage van *Platyclusus* in de 2e stekronde na 19 weken. Per behandeling is de standaarddeviatie weergegeven. Bij de met een * gemarkeerde behandelingen is het slagingspercentage op basis van 1 herhaling.

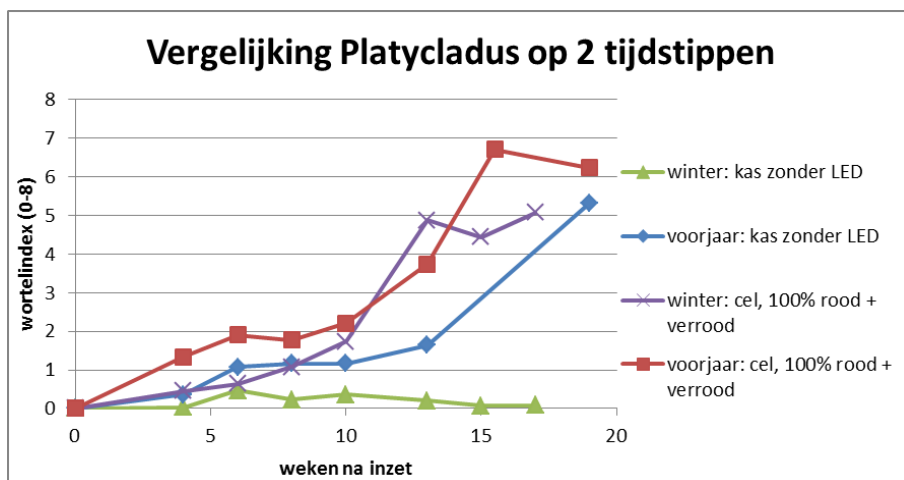
Het geschat slagingspercentage is absoluut gezien het grootst bij de behandelingen 'blauw' en '100% rood + verrood' (Figuur 12). In vergelijking met de referentiebehandeling zonder LED is het verschil niet betrouwbaar, maar ten opzichte van de referentiebehandeling zonder LED wel. Het percentage slaging neemt met ca. 10% toe. Dit kan verder worden onderbouwd met Figuur 13. Hierin is te zien dat de kasbehandelingen duidelijk meer stekken bevatten (10%), die na 19 weken nog geen enkele ontwikkeling tonen. Die stekken hebben waarschijnlijk teveel achterstand om ooit nog aan de wortel te komen. De stekken in de lichtbehandeling met alleen rode en verrode LED's zijn het verst in de wortelontwikkeling.



Figuur 13. Verdeling van het aandeel stekken per wortelindex bij Platycladus in de 2^e stekronde na 19 weken. Celbehandelingen is het gemiddelde van de celbehandelingen. De kasbehandelingen met en zonder LED zijn samengevoegd.

3.2.3 Vergelijking winter- en voorjaarsronde

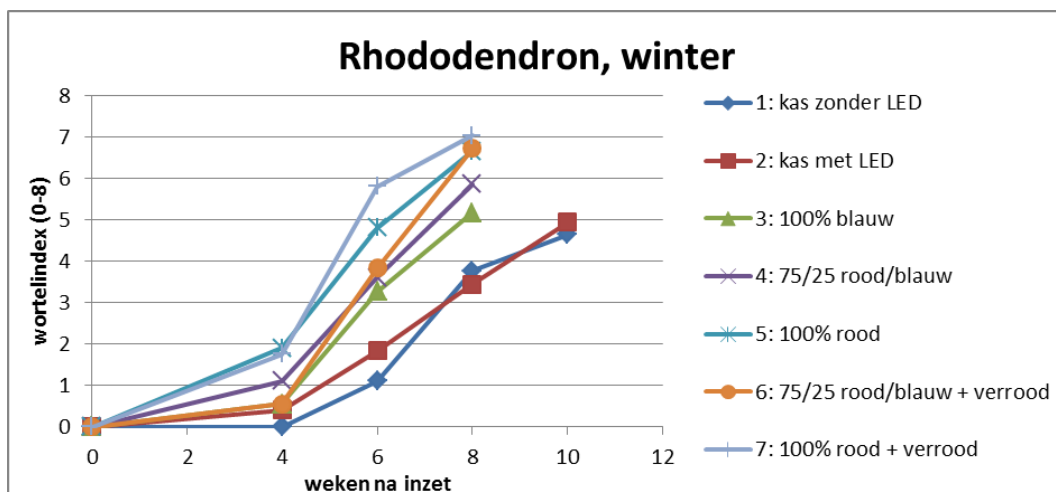
Bij de vergelijking van het bewortelingsproces van Platycladus in de winter- en voorjaarsronde (Figuur 14), is te zien dat de stekken in de kasbehandeling in het voorjaar wel bewortelden, maar niet in de winterperiode. Van de celbehandeling is alleen de beste behandeling getoond. Deze behandelingen bewortelen beide sneller dan de kasbehandeling. Wel lijken de stekken uit de voorjaarsronde iets sneller te bewortelen dan in de winterperiode, maar het eindresultaat lijkt vergelijkbaar.



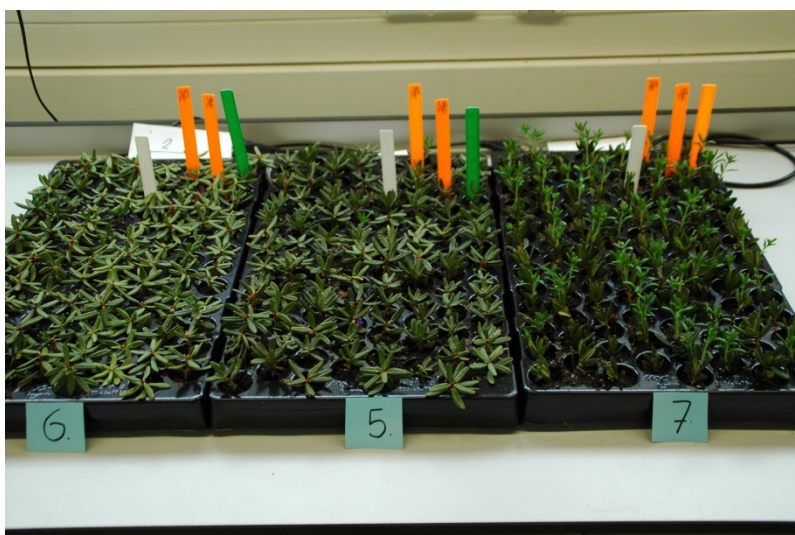
Figuur 14. Verloop van het bewortelingsproces van Platycladus in de beste celbehandeling t.o.v. de kasbehandeling zonder LED in de winter en voorjaarsronde.

3.3 Rhododendron

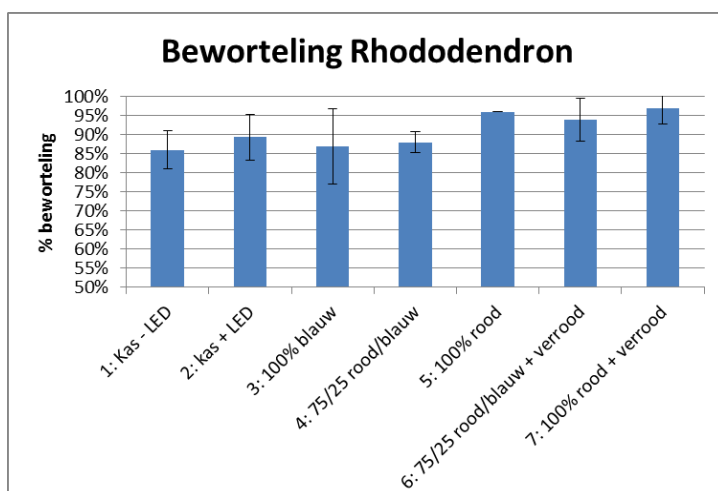
Figuur 15 laat het verloop van de beworteling van stekken van *Rhododendron* 'Azurka' zien. Het proces in de celbehandelingen verloopt duidelijk sneller dan in de beide kasbehandelingen. *Rhododendron* reageert wel op de verschillende lichtkleuren in de celbehandelingen. De behandelingen met 100% rood met of zonder verrood bewortelen het snelst. De behandeling met alleen blauw licht bewortelde het traagst in deze behandelingen. Opvallend was dat in de behandelingen met verrood licht al na enkele weken de rustknoppen begonnen uit te lopen (Figuur 16). Dit werd in de behandelingen zonder verrood niet waargenomen.



Figuur 15. Verloop van het bewortelingsproces van Rhododendron in de diverse celbehandelingen en de vergelijking met de praktijk in de winterperiode.



Figuur 16. Uitloop van nieuwe scheuten onder invloed van verrood licht (vergelijk behandeling 5 (100% rood licht) en 7 (Rood licht + verrood licht)).



Figuur 17. Geschat slagingspercentage van Rhododendron in de winterperiode. In de kasbehandelingen is het resultaat na 10 weken, in de celbehandelingen is het resultaat in 8 weken behaald. Per behandeling is de standaarddeviatie weergegeven.

De behandelingen met 100% rood licht (met of zonder verrood licht) lieten ook het hoogste geschatte slagingspercentage zien, namelijk 96% (Figuur 17). In de kasbehandeling was het gemiddelde slagingspercentage gemiddeld 88%. De celbehandelingen met alleen blauw licht of alleen rood en blauw licht gaven geen verbetering. Het geschat slagingspercentage is absoluut gezien het grootst bij de behandelingen 'rood' en '100% rood + verrood'. In vergelijking met de referentiebehandeling zonder LED is het verschil niet betrouwbaar, maar ten opzichte van de referentiebehandeling zonder LED wel. Het percentage slaging kan met ca. 10% toenemen.

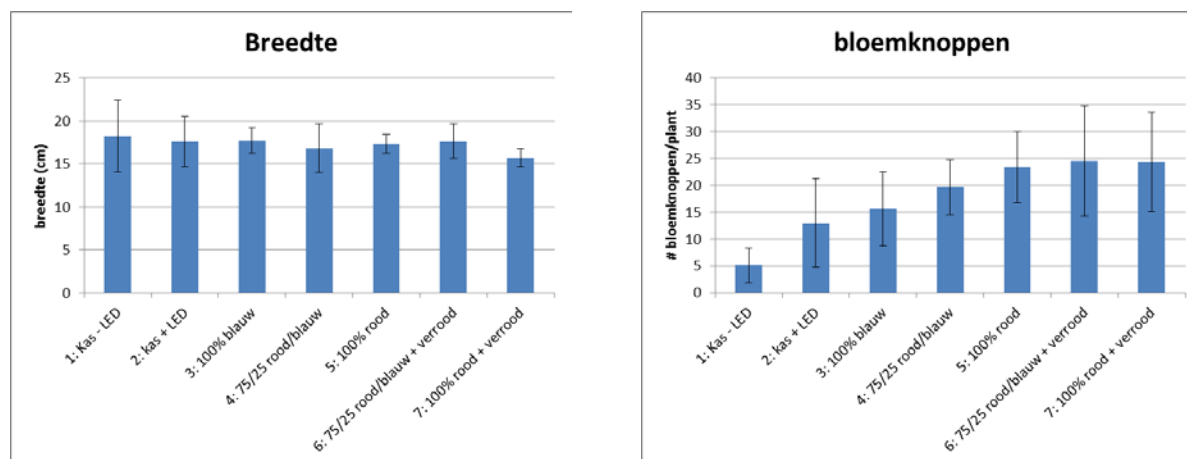
Na de beworteling zijn de stekken begin april op het bedrijf van de stekleverancier opgepot. Voor een betere vergelijking van de behandelingen zijn de stekken tussentijds niet gesnoeid. Eind september is er een beoordeling gedaan van de hoogte en breedte van een steekproef van 10 planten. Ook is in deze planten het aantal bloemknoppen geteld.

Bij de beoordeling van de planthoogte viel op dat met name de planten in behandeling 4 (75% rood + 25% blauw) compacter waren (Figuur 18). Verder is te zien dat de planten uit de celbehandelingen meer vertakt waren dan de referentiebehandelingen in de kas.



Figuur 18. Gemiddelde plantopbouw van *Rhododendron* na doorteelt van beworteld stek (beoordeling eind september 2012). V.l.n.r. behandeling 1 tot 7.

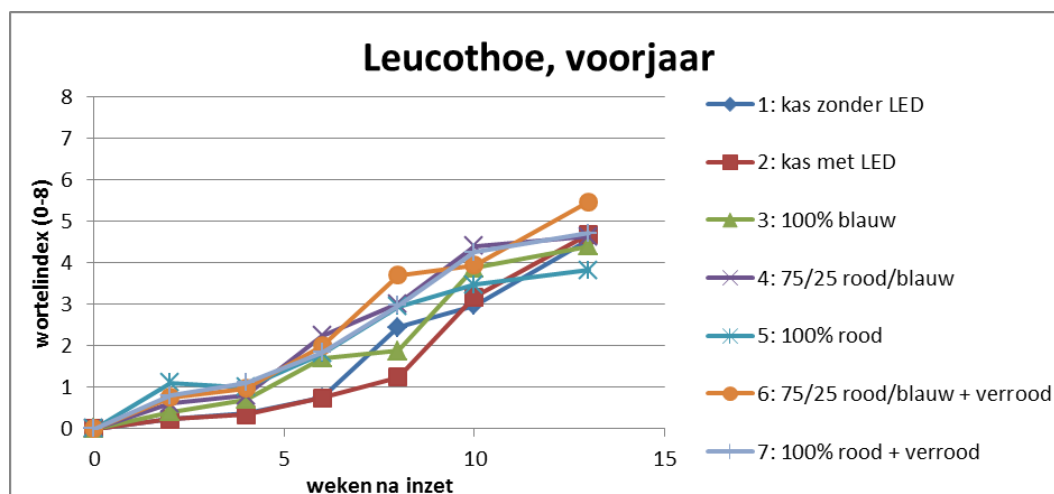
Wat betreft de breedte van de planten was er in de steekproef geen verschil. Wel was opmerkelijk dat de variatie in gemeten breedtes in de celbehandelingen gemiddeld lager was dan bij de stekken uit de kasbehandeling zonder LED (Figuur 19 links). In het aantal bloemknoppen werden ook duidelijke verschillen waargenomen. De planten uit de kasbehandeling zonder LED hadden gemiddeld de minste bloemknoppen. Toevoeging van LED in de kasperiode leek het aantal bloemknoppen te verhogen, maar niet betrouwbaar. In de celbehandelingen werden de meeste bloemknoppen aangetroffen, 4 tot 5 maal zoveel als in de stekken die in de referentiekas zonder LED zijn beworteld.



Figuur 19. Gemiddelde breedte (links) en aantal bloemknoppen (rechts) per plant bij *Rhododendron* na doorteelt van 1 groeiseizoen. Per behandeling is de standaarddeviatie weergegeven.

3.4 Leucothoe

Figuur 20 toont de bewortelingsnelheid van Leucothoe. De ontwikkeling in de verschillende behandelingen is redelijk vergelijkbaar, hoewel de beide celbehandelingen met een combinatie van rood en blauw en de behandeling rood met verrood een lichte voorsprong lijken te hebben. Evenals bij Rhododendron stimuleerde verrood licht de uitloop van okselknoppen tot nieuwe scheutjes (Figuur 21).

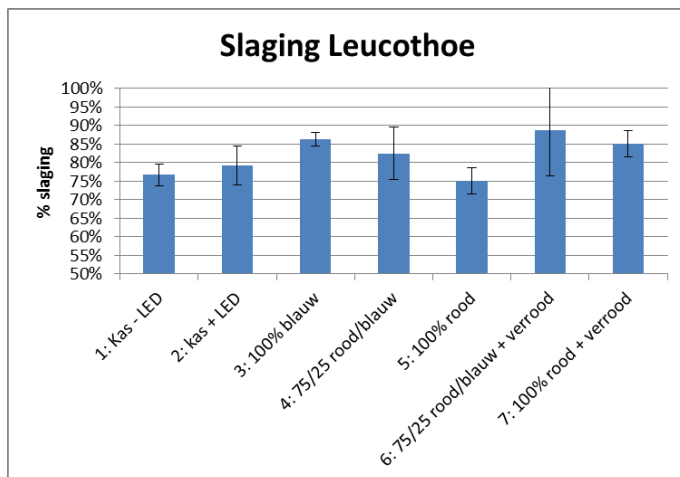


Figuur 20. Verloop van het bewortelingsproces van Leucothoe in de diverse celbehandelingen en de vergelijking met de praktijk in de voorjaarsronde.

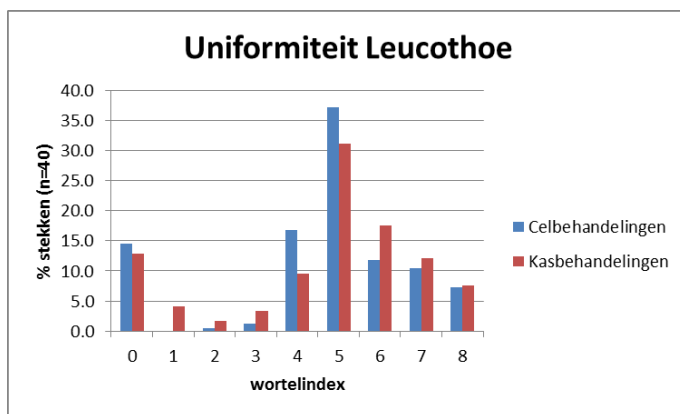


Figuur 21. Onder invloed van verrood licht werden snel veel nieuwe scheutjes gevormd.

Wat betreft het slagingspercentage is de standaarddeviatie binnen de behandelingen met zowel rood als blauw wat groter (Figuur 22). De celbehandelingen zijn niet betrouwbaar beter dan de referentiebehandeling kas+LED. De celbehandelingen 'blauw', 'blauw+rood+verrood' en 'rood+verrood' hebben een geschat slagingspercentage wat 5 tot 10% hoger ligt dan de kasreferentie zonder LED.



Figuur 22. Geschat slagingspercentage van *Leucothoe* in de voorjaarsronde na 13 weken. Per behandeling is de standaarddeviatie weergegeven.



Figuur 23. Uniformiteit van beworteling van *Leucothoe* na 13 weken in de celbehandelingen en de kasbehandelingen.

De beworteling in de celbehandelingen na 13 weken was uniformer (Figuur 23). Minder stekken kregen een 6 of 7 en meer stekken een 4 of 5. Minder stekken in de celbehandelingen liepen achter (klassen 1, 2 en 3). Dit verschil is ca. 10% van de totale populatie.

4 Discussie

Het doel van het project is het meerlaags stekstelsel met LED verder te ontwikkelen. Daarbij lag de focus om inzicht te krijgen in het effect van de lichtkleur op de bewortelingssnelheid van enkele belangrijke boomkwekerijgewassen.

In de proeven zijn twee referenties opgenomen, namelijk stekken in de kas zonder en met bijbelichting met LED. De bijbelichting met $20 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ LED-licht werd uitgevoerd tussen december en april, dus de gehele winterperiode, en maar beperkt in de voorjaarsperiode. Het aanvullend LED-licht in de kas had bij geen van de 4 gewassen een aantoonbaar positief effect op de beworteling. Kanttekeningen hierbij zijn wel dat het in het kasdeel met LED-licht in de winterperiode gemiddeld 1,5 koeler was en het folie boven het stek meer aanslag vertoonde, waardoor er minder licht op het stek kwam. Ook was er in dit deel meer variatie in de RV. In de voorjaarsperiode waren de klimaatverschillen kleiner tussen beide kasbehandelingen kleiner. De vergelijking tussen de celbehandelingen en de referenties is een systeemvergelijking. Tegelijkertijd variëren er immers meerdere factoren (lichtniveau, daglengte, lichtkleuren en temperatuur).

Stekperiode

In het algemeen zijn er in het meerlagensysteem (beduidend) positievere resultaten behaald dan in de kas, zowel in de winterperiode als in de voorjaarsperiode. De effecten in de winterperiode waren het grootst. Dit is volgens verwachting, omdat er in de winterperiode in de kas minder licht is en een lagere temperatuur. In de winterperiode kon de bewortelingsperiode van Buxus en Rhododendron ongeveer gehalveerd worden. *Platycladus* bewortelde in de winterperiode in de kas helemaal niet, maar wel in het meerlagensysteem. In de voorjaarsperiode waren de verschillen kleiner, maar hadden Buxus en *Platycladus* in de beste celbehandelingen nog wel een voorsprong van ca. 3 weken. Bij *Leucothoe* (voorjaarsperiode) was er geen sprake van teeltversnelling.

Temperatuur

- Zoals aangegeven bij de stekperiode was de teeltversnelling in de winterperiode groter dan in de voorjaarsperiode (cel t.o.v. kas). De hogere temperatuur in de cel (gem. 17°C t.o.v. 12°C) zal hierbij het grootste effect gegeven hebben. De lichtsom per dag (in de winterperiode) was namelijk vergelijkbaar in de kas en de cel. Ook was er een kleiner verschil tussen de verschillende lichtkleurbehandelingen dan tussen kas- en celbehandelingen.
- In zowel de winterperiode als voorjaarsperiode is een celtemperatuur van 17°C aangehouden. Enerzijds omdat de beide stekperiodes deels parallel liepen, anderzijds om de resultaten van beide periodes met hetzelfde gewas te kunnen vergelijken. Het is waarschijnlijk dat een verhoging van de temperatuur in de voorjaarsperiode een versnelling van de beworteling geeft. Een hogere temperatuur stimuleert belangrijke processen, zoals celdeling, fotosynthese en ademhaling. In het algemeen neemt de fotosynthese boven 25°C af. Ademhaling neemt toe met de temperatuur (Anonimus, 2013). Naar verwachting ligt het optimum rond 20°C met een range tussen 17 en 25°C .
- Uit de klimaatgegevens bleek dat in de cel een veel constantere temperatuur is gerealiseerd. De schommeling bedroeg slechts enkele graden. In de kas liep de temperatuur regelmatig op tot boven 30°C . Dit effect kan mede bijgedragen hebben aan een uniformere beworteling in diverse celbehandelingen.

Licht

- In de proef kon 1 lichtniveau getest worden. Uit de proeven in 2011 bleek dat sommige gewassen minimaal $25 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ nodig hadden. In deze proef is gekozen voor een intensiteit van $40 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$. Technisch leverde dit goede resultaten op. Uit de economische evaluatie in 2011 (Van Dalen *et al.*, 2011) bleek dat een verhoging van de lichtintensiteit snel tot hogere kosten leidt.

- In de voorjaarsronde werd een vergelijkbaar óf beter stekresultaat behaald in de celbehandelingen t.o.v. de kasbehandelingen. Wat betreft het klimaat was de RV en de gemiddelde temperatuur vergelijkbaar, maar lag de lichtsom per dag in de cel een factor 4 tot 5 lager dan onder kasomstandigheden. Blijkbaar is deze lichthoeveelheid in combinatie met daglengte voldoende.
- De toegediende lichtkleuren bleken in het algemeen een effect te hebben op de beworteling. Voor een deel was dit gewasafhankelijk, maar er zijn ook algemene lijnen te ontdekken. Bij 3 van de 4 gewassen gaf alleen rood of alleen blauw licht het beste resultaat. Een combinatie van rood en blauw licht gaf meestal een minder goed resultaat, behalve bij *Leucothoe*. Ook in eerdere proeven leek een hoger percentage rood licht een beter resultaat te geven (Van Dalfsen *et al.*, 2011). Gezien het feit dat rood licht energiezuiniger is dan blauw licht en dat puur blauw licht schadelijk is voor het menselijk oog (Pers. Comm. Philips), krijgt rood licht dan de voorkeur. Verrood licht en in mindere mate rood licht bleek bij *Rhododendron*, *Leucothoe* en *Buxus* te zorgen voor een snelle uitloop van okselknoppen. Verrood licht blijkt bij aardbei te zorgen voor een uniforme ophef van de winterrust (Van Delm, *et al.*, 2012). Overigens waren de nieuw uitgelopen scheuten vrij iel en langgerekt. Voor de stekbedrijven was dit geen kwaliteitsverbetering (Pers. Comm. Stekbedrijven). In vervolgonderzoek zou het effect onderzocht kunnen worden van het later inzetten van verrood licht.

Relatieve luchtvochtigheid (RV)

De RV is in deze proef op niveau gehouden door stekfolie over het stek te spannen. Toch bleek de RV niet overal constant. In de onderste teeltlagen van de behandelingen met zowel rood als blauw licht, was er sprake van meer fluctuatie in de RV. De stekken van deze herhalingen waren eerder droog en er was minder condens op het folie, hoewel er geen duidelijke openingen te ontdekken waren. Toen dit effect na enkele weken na inzetten ontdekt werd, is er extra folie langs deze karren gespannen om tocht te voorkomen. Dit had beperkt effect. Het zou een standplaatseffect kunnen zijn, want beide karren stonden tegen dezelfde celwand. Door dit effect was de slaging in deze herhalingen minder, waardoor deze buiten beschouwing zijn gelaten. Bij belichting met alleen blauw licht viel juist op dat er veel meer condens ontstond op het folie, hoewel de RV-recorders geen afwijking naar boven liet zien. In *Platyclusus* ontstond juist in deze behandeling een schimmelaantasting. Dit zou een lichtkleureffect kunnen zijn, want van blauw licht is bekend dat het de opening van de huidmondjes stimuleert (Staalduinen, 2008). Hierdoor verdampen de stekken wellicht meer vocht met als gevolg meer condensvorming.

Buxus

Het stekken van *Buxus* in een cel met LED leverde in de winterronde vooral een groot tijdsvoordeel op. De benodigde tijd voor beworteling halveerde in vergelijking met stekken in de kas. In voorjaarsronde was er nog steeds sprake van een voorsprong, nl. ca. 3 weken. Opvallend was dat de winterronde en de voorjaarsronde een vergelijkbaar resultaat gaven. Dit heeft als praktische consequentie dat er een betrouwbaarder planning gemaakt kan worden in het bewortelingsproces.

Wat betreft lichtkleuren gaf beworteling onder puur rood of puur blauw licht in beide proeven het beste resultaat. De toevoeging van verrood licht lijkt negatief uit te pakken op de beworteling. Dit resultaat lijkt in tegenspraak met de resultaten in 2011 (Van Dalfsen *et al.*, 2011). Het verschil in de proeven is dat in 2012 getest is met een hogere lichtintensiteit. Bij nadere bestudering van de resultaten in 2011 lijkt het positieve effect van verrood licht bij een toenemende lichtintensiteit (40 t.o.v. 25 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$) kleiner te worden. Dit zou het verschil kunnen verklaren. Een combinatie van rood en blauw licht gaf in deze proef minder goede resultaten.

Uit dit onderzoek kwam naar voren dat de beworteling van *Buxus* nadelig wordt beïnvloedt door een lagere of fluctuerende RV (< 95%). In enkele herhalingen was er meer variatie in de RV; deze bleven duidelijk achter in de beworteling. Ook de temperatuur heeft invloed, want het bewortelen in de cel bij 17 °C ging beduidend sneller dan in de kas (gemiddeld 12 °C in winterronde).

Platycladus

Platycladus bewortelde in de winterronde wel in de meeste celbehandelingen, maar niet in de kasreferenties. In de kas ontstonden problemen met voetrot en varenrouwmug. Waarschijnlijk waren de omstandigheden als licht en temperatuur in de kas in de winter niet goed genoeg om de beworteling op gang te laten komen. In de voorjaarsronde was er wel beworteling in de kas. De celbehandelingen bewortelden even snel en soms sneller (behandeling rood+verrood).

Van de onderzochte lichtkleuren verliep de beworteling in beide proeven het snelst in de behandeling met rood+verrood licht. Het percentage slaging kon met 10% toenemen. Uiteindelijk liet ook de behandeling met 100% blauw licht een goed resultaat zien, maar in 1 herhaling ontstond er uitval door een schimmelaantasting. Mogelijk had dit te maken met de aanwezigheid van veel condens op het folie. De behandelingen met rood + blauw licht bleven achter bij de andere celbehandelingen.

Rhododendron

Rhododendron 'Azurka' bewortelde duidelijk sneller in de celbehandelingen dan in de kasbehandelingen. De stekken in de beste celbehandeling waren in 6 weken op het niveau, waarvoor de kasbehandelingen 10 weken nodig hadden. *Rhododendron* bleek gevoelig voor de lichtkleuren. De beste beworteling werd bereikt bij de behandelingen 'rood' en 'rood+verrood'. Het slagingspercentage kon hiermee met ca. 10% verhoogd worden. Toevoeging van verrood licht leek een (klein) toegevoegd effect te hebben. Opvallend was dat bij de behandelingen met verrood licht al vrij snel okselknoppen uitliepen, mogelijk door opheffing van de winterrust.

Na de bewortelingsfase zijn de stekken opgepot bij de leverancier van het stekmateriaal. Aan het eind van het groeiseizoen bleken er grote verschillen te zijn tussen de behandelingen. De stekken, die in de cel beworteld waren, waren in het algemeen veel beter vertakt. Ook was er een toename in het aantal bloemknoppen te vinden, nl. van gemiddeld 5 bloemknoppen per plant naar bijna 25 knoppen per plant. Hiermee kan een enorme kwaliteitsverbetering worden gerealiseerd. De vervroeging heeft vermoedelijk geleid tot een langer groeiseizoen. De kweker heeft geen van de behandelingen gesnoeid, wat hij normaliter wel zou doen. Bij de stekken uit de referentiekas zonder LED leidde dit tot een iele plant. Bij de planten uit de beste celbehandelingen was snoei nauwelijks nodig.

Leucothoe

Bij *Leucothoe* (voorjaarsronde) waren de verschillen in bewortelingssnelheid beperkt. De beide celbehandelingen met een combinatie van rood en blauw en de behandeling 'rood + verrood' leken een lichte voorsprong te hebben. De celbehandelingen zijn niet betrouwbaar beter dan de referentiebehandeling kas+LED. In vergelijking met de kasreferentie zonder LED kan de beworteling in de celbehandelingen 'blauw', 'blauw+rood+verrood' en 'rood+verrood' met 5 tot 10% verbeterd worden. Met name de uniformere beworteling in de behandelingen 'blauw' en 'rood+verrood' was opvallend, waardoor achterblijvers later niet alsnog uitvallen (bijv. op het moment van afhardening).

5 Conclusies

Het stekken van boomkwekerij-gewassen in een geconditioneerde klimaatruimte met LED-belichting in een meerlagensysteem blijkt goed mogelijk. Een lichtintensiteit van 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ gedurende 16 uur per dag met LED-licht is voldoende voor goede stekresultaten bij de geteste gewassen. Dit komt neer op een lichtsom van 2,3 mol/m^2 per dag. Dit is ruim onder natuurlijke lichtsom in het voorjaar in de kas (naar schatting 10 mol/m^2 per dag).

In dit onderzoek is de beworteling in een cel met LED-licht voor 4 verschillende gewassen onderzocht, nl. *Buxus*, *Platycladus*, *Rhododendron* en *Leucothoe*. Bij alle gewassen zijn bij een of meerdere celbehandelingen betere resultaten geboekt dan bij de referentiebehandeling in de kas, zoals op het gebied van bewortelingssnelheid, slagingspercentage, uniformiteit en/of een betere plantkwaliteit in de vervolgteelt. De resultaten bleken echter afhankelijk van het gewas, het seizoen en ook van de toegepaste lichtkleuren.

De grootste teeltversnelling werd bereikt in de LED-cel in de winterperiode, waarbij de hogere teelttemperatuur (17 i.p.v. gemiddeld 12°C) de grootste factor zal zijn. Bij *Buxus* en *Rhododendron* bleek bijna een halvering van de benodigde bewortelingstijd mogelijk.

Bij *Rhododendron*, *Leucothoe* en *Platycladus* bleek een verhoging van het slagingspercentage met ca. 10% mogelijk door te stekken onder alleen LED-licht. Toevoegen van LED-licht in de kas leidde in deze proeven niet tot een hoger slagingspercentage dan stekken in de kas zonder LED.

Het stekken in een cel met LED's leidde bij *Leucothoe* tot een uniformere beworteling. Er was minder variatie in bewortelingsstadia. Hierdoor kan de uitval verkleind worden. Een ander aspect van uniformiteit is de vergelijking van de duur van de stekperiode. Bij zowel *Buxus* als *Platycladus* bleken de resultaten van de winter- en voorjaarsronde goed overeen te komen; m.a.w. dezelfde bewortelingssnelheid onder dezelfde omstandigheden. Dit maakt het voor stekbedrijven makkelijker om goede plannings te maken.

Bij 3 van de 4 gewassen gaf alleen rood LED-licht of alleen blauw licht het beste bewortelingsresultaat. Een combinatie van rood en blauw licht gaf meestal een minder goed resultaat, behalve bij *Leucothoe*. Gezien het feit dat rood licht energiezuiniger is dan blauw licht en dat puur blauw licht schadelijk is voor het menselijk oog, heeft rood licht dan de voorkeur.

Conclusies per gewas:

Buxus: stekken onder blauw licht of stekken onder rood LED-licht gaf de beste beworteling. Toevoeging van verrood onder deze omstandigheden had een negatief effect. *Buxus* is gevoelig voor fluctuerende RV tijdens de bewortelingsfase. Stekken in een meerlagensysteem met LED geeft met name in de winterperiode een grote teeltversnelling. Dit biedt goede perspectieven om meer stekrondes per jaar te produceren.

Platycladus: dit gewas bewortelde het beste in de behandeling met een combinatie van rood en verrood LED-licht. Het percentage slaging kan met 10% toenemen ten opzichte van de standaardmethode, omdat meer stekken met het bewortelingsproces starten. Ook is een teeltversnelling van enige weken mogelijk.

Rhododendron: De beste beworteling werd bereikt bij de behandelingen 'rood' en 'rood+verrood'. Het slagingspercentage kon hiermee met ca. 10% verhoogd worden. Toevoeging van verrood licht leek een (klein) toegevoegd effect te hebben. Bij dit gewas kon de bewortelingstijd gehalveerd worden t.o.v. het stekken in de kas (winterperiode). Ook leidde het stekken in een cel met LED na oppotten tot een betere plantkwaliteit: beter vertakt en een factor 4 meer bloemknoppen per plant

Leucothoe: *Leucothoe* bewortelde het beste en meest uniform in de celbehandelingen met 'blauw' en 'rood+verrood' licht; de slaging kon daarbij met 5 tot 10% verbeterd worden.

Literatuurlijst

- Anonymus (2013): Effect van temperatuur op de fotosynthese en ademhaling.
<http://www.kasklimaat.nl/99-Fotosynthese+en+ademhaling.htm>
- Dalfsen, P. van, L. Slingerland en P. Roelofs (2011). Stekken onder LED-belichting; Verkenning naar de mogelijkheden van het stekken van boomkwekerij-gewassen onder LED in een meerlaagssysteem zonder daglicht. Rapport project 32 361129 00. PPO Boomkwekerij, Lisse
- Delm, T. van, P. Melis, K. Stoffels en W. Baets (2012): Breaking dormancy by cyclic lighting in strawberry glasshouse. *Acta Horticulturae* 926:251-258.
- Dueck, T. (2008). Licht in en om de plant. Lezing Anthura, 15 januari 2008.
- Loach, K. en A.P. Gay, (1979). The light requirement for propagating hardy ornamental species from leafy cuttings. *Scientia Horticulturae* 10: 217-230.
- Staalduinen, J. van (2008). Wat je er aan energie instopt, komt er als drogestof weer uit. *Onder Glas* 4:55-57.