

Innovatienetwerk Stekbedrijf van de toekomst

Pieter van Dalftsen, Danielle Smits-van Tuijl, Stefan Even



Boereboom Stekcultures, Eindhoven

Maart 2013



Hoofdaanvrager:

Boereboom Stekcultures B.V.
Oirschotsedijk 11
5657 AD Eindhoven

Mede-aanvragers:

Sierteeltkwekerij Maarten Bloemen VOF
Grote Baan 6
5428 NH Venhorst

Frans van Gils Boomkwekerijen
De Hoef 3
5096 BJ Hulsel

Financier:

Dit project is gefinancierd vanuit de regeling Praktijknetwerken.
Subsidieaanvraagnummer: 4090005694867



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

Het Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie (EL&I) is
eindverantwoordelijk voor POP2 in
Nederland.



Europees Landbouwfonds voor
Plattelandsontwikkeling: Europa
investeert in zijn platteland.

Uitvoerende partijen:



**PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING**
WAGENINGEN UR



PHILIPS

sense and simplicity



VTI Horst b.v.

Samenvatting

In het praktijknetwerk 'Stekbedrijf van de toekomst' heeft Boereboom Stekcultures samengewerkt met PPO Boomkwekerij, Cultus Agro Advies, Philips en VTI Horst om dit systeem te ontwikkelen. De boomkwekerijbedrijven Maarten Bloemen en Frans van Gils lieten ook hun gewassen bewortelen in het systeem. Het doel is uit te vinden hoe diverse gewassen zonder daglicht kunnen worden beworteld.

Het rendement van stekbedrijven is namelijk sterk afhankelijk van het stekresultaat. Sommige soorten bewortelen slecht, bijv. een percentage van 50%. Door dit te verhogen, verbetert het rendement sterk. Verder is een versnelling van de beworteling interessant, zodat bijvoorbeeld meer stekrondes per jaar kunnen worden gerealiseerd. Een meerlagensysteem met LED-verlichting in een klimaatcel kan hiervoor mogelijkheden bieden.

Groot voordeel van een meerlagenteelt is dat er veel minder ruimte nodig is. Bovendien kunnen de omstandigheden ideaal worden gemaakt voor het stek, zoals een constante temperatuur, juiste daglengte en juiste lichtkleuren. Hierdoor kan het stek sneller en beter bewortelen. In de winter kan gemakkelijk een hogere ruimtetemperatuur worden behaald, in de zomer kunnen extreme kasomstandigheden van 40°C of meer worden voorkomen.

Nadat het prototype is gebouwd op het bedrijf van Boereboom Stekcultures, zijn in totaal 4 proefrondes uitgevoerd met verschillende gewassen, om enerzijds ervaring op te doen met dit innovatieve teeltsysteem en anderzijds verschillende gewassen te toetsen op beworteling onder LED-verlichting.

Samenvattend kan worden gesteld dat het grootste voordeel van het meerlagensysteem in de winter wordt behaald. De wortelvorming komt dan veel sneller op gang en er kunnen daardoor meer rondes per jaar worden gemaakt. In de zomerperiode was de wortelontwikkeling gemiddeld even goed en soms beter als bij vermeerdering in de kas. Blijkbaar behalen de stekken in het meerlagensysteem toch een goede beworteling onder relatief veel lagere lichtomstandigheden. Een lichtintensiteit tussen 30 en 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ gaf bij de geteste gewassen een prima resultaat. Langzaam wortelende gewassen, zoals Thuja kwamen zelfs tot wortelontwikkeling als ze de eerste weken geen licht kregen. Dit biedt mogelijkheden tot energiebesparing en ruimtewinst. Met al deze resultaten in handen is een belangrijke stap gezet naar het realiseren van het stekbedrijf van de toekomst.

Inhoudsopgave

	pagina
SAMENVATTING.....	4
1 INLEIDING	8
2 ONTWIKKELING STEKBEDRIJF VAN DE TOEKOMST	10
2.1 Beschrijving proces systeemontwikkeling/proefopzet.....	10
2.2 Resultaten.....	11
2.2.1 Proefronde 1	11
2.2.2 Proefronde 2.....	13
2.2.3 Proefronde 3.....	16
2.2.4 Proefronde 4.....	17
2.3 Literatuurinfo.....	19
2.3.1 Rol fotosynthese tijdens de vermeerdering.....	20
2.3.2 Invloed donkerperiode.....	20
2.3.3 Auxinetransport	21
2.3.4 Lichtintensiteit	21
2.4 Conclusies en aanbevelingen	22
3 COMMUNICATIE.....	24
4 LITERATUURLIJST	26
BIJLAGE 1. TUSSENTIJDSE HANDOUT OVER HET PRAKTIJKNETWERK	28
BIJLAGE 2. HANDOUT MET EINDRESULTATEN OVER HET PRAKTIJKNETWERK (MAART 2013)	29

1 Inleiding

Het rendement van onze stekbedrijven is sterk afhankelijk van het stekresultaat. Sommige soorten bewortelen slecht, bijv. een percentage van 50%. Door dit te verhogen, verbetert het rendement sterk. Verder is een versnelling van de beworteling interessant, zodat we bijvoorbeeld meer stekrondes per jaar kunnen realiseren en we de ruimte op het bedrijf flexibeler kunnen benutten. Andere soorten bewortelen in de winter alleen met voldoende licht, zodat er extra belichting nodig is.

In de glastuinbouw wordt geëxperimenteerd met LED-verlichting om energiezuiniger te telen. Dit bracht ons op het idee of we LED kunnen toepassen op onze stekbedrijven. Wij zien grote mogelijkheden in het toepassen van LED-licht in een meerlagensysteem zonder daglicht. Uit andere onderzoeken blijkt namelijk dat de beworteling versneld kan worden en dat de bovengrondse plant beter te sturen is in vertakking, compactheid en afharding door middel van lichtkleuren. Er moet echter nog veel uitgezocht worden in het te gebruiken lichtrecept, lichtintensiteit, temperatuur, CO₂-toepassing, enz. Daarnaast is het boomkwekerijassortiment erg breed; verschillende gewassen vragen hoogstwaarschijnlijk verschillende omstandigheden.

Het doel van dit netwerk is om gezamenlijk te bedenken en te ontwikkelen hoe het stekbedrijf van de toekomst er uit ziet, met daarbij de focus op het toepassen van LED-verlichting in een meerlagensysteem. Subdoelen daarbij zijn het verhogen van het bewortelingspercentage, het versnellen van de beworteling en het produceren van beter uitgangsmateriaal. Dit alles op een economisch haalbare en duurzame manier.

2 Ontwikkeling stekbedrijf van de toekomst

2.1 Beschrijving proces systeemontwikkeling/proefopzet

Het meerlagensysteem is opgebouwd in een ruimte met een grondoppervlak van 30 m². De basis is een voormalige koelcel met isolerende sandwichpanelen als wand en dak. Hierin was ruimte voor 6 Deense karren en tussendoor looppaden. Iedere kar had drie teeltlagen met dezelfde lichtinstellingen (Figuur 2-1). Bij de eerste ronde was een CO₂ meter, temperatuurmeter en luchtvochtigheidsmeter aanwezig. Er kon daardoor goed in kaart gebracht worden of CO₂ doseren, koelen of verwarmen nodig was. Ook was er op de grond een watervernevelaar geïnstalleerd die elke 45 minuten gedurende de 16 belichtingsuren aan ging. Het bleek dat de temperatuur toch te sterk opliep (tot wel 28°C) en daarom is bij de tweede ronde een doorstroom koelsysteem geïnstalleerd, die de ruimtetemperatuur op 20°C hield. Later bleek de vernevelaar op de grond niet voldoende om de luchtvochtigheid bovenin de cel op peil te houden. Daarom is er ook een mistsysteem geïnstalleerd. Het klimaat bleek daarna goed te regelen.



Figuur 2-1. Een kijkje in de cel bij het meerlagensysteem.

Door het installeren van het koel- en mistsysteem, is er ook wat geschoven met de opstelling van de karren. In alle behandelingen was ook een donkerbehandeling meegenomen om te zien of een stek ook in het donker wortels kan maken. De drie lagen op deze kar konden dus dichter op elkaar gemonteerd worden; er was hier immers geen beïnvloeding van de lichtverdeling. In onderstaande Tabel 2-1 staan de lichtinstellingen per kar per teeltronde genoemd. Zoals te zien zijn kar 1 en 5 vanaf teeltronde 2 gewisseld.

Tabel 2-1 Lichtinstellingen per kar per teeltronde.

Kar	Ronde 1		Ronde 2 t/m4	
	Intensiteit (in $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$)	DR-B-FR (in percentage)	Intensiteit (in $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$)	DR-B-FR (in percentage)
Kar 1: R/B/VR 50	50	80-12-8	0 (donker)	0-0-0
Kar 2: R/B 40	40	85-15-0	40	85-15-0
Kar 3: R/B 30	30	85-15-0	30	85-15-0
Kar 4: VR 30	30	0-0-100	30	0-0-100
Kar 5: Donker	0	0-0-0	50	80-12-8
Kar 6: R/B 50	50	85-15-0	50	85-15-0
Praktijksituatie kas	Daglicht	Daglicht	Daglicht	Daglicht

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

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

Bij de tussenbeoordeling werden steeds 3 stekken per laag per kar per gewas beoordeeld (Figuur 2-2). Deze werden gemarkeerd terug gestoken in de tray. Bij de eindbeoordeling is de gehele tray beoordeeld, inclusief de randrijen en exclusief de reeds beoordeelde (gemarkeerde) stekken. Stekken die waren afgestorven zijn als uitval beoordeeld en niet als 'nul'.



Figuur 2-2. Beoordeling van stekken.

2.2 Resultaten

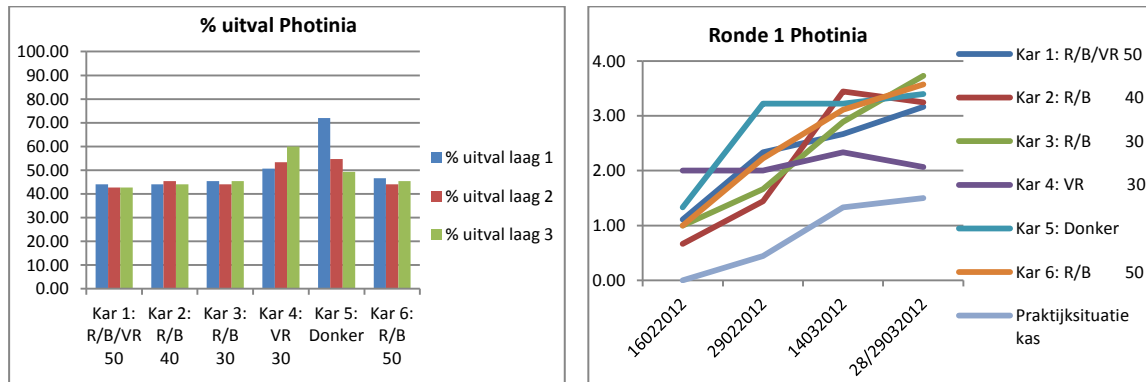
Per proefronde wordt het uitvalspercentage en de bewortelingsindex per gewas beschreven. Het uitvalspercentage is per laag uitgesplitst omdat er soms grote verschillen waren in de klimaatomstandigheden van de verschillende lagen. In het bewortelingspercentage zijn de uitvallers niet meegeteld.

2.2.1 Proefronde 1

In proefronde 1 zijn er 4 gewassen ingezet: Photinia, Leucothoe, Thuja en Nandina uit weefselkweek. De Nandina's waren in alle behandelingen al snel uitgevallen (te droog klimaat in de cel) waardoor deze niet besproken worden. De proeven zijn gestart op 2 februari 2012 en zijn op 29 maart 2012 afgerond. De belichtingstijd was 16 uur per etmaal met de instellingen volgens Tabel 2-1. De kas behandelingen zijn niet op uitval beoordeeld; de ontwikkeling van de stekken lag in de kas behoorlijk lager, waarschijnlijk door de lagere temperaturen.

In onderstaande grafieken staan de uitvalspercentages (Figuur 2-3) en de wortelontwikkeling (Figuur 2-4) van Photinia per kar weergegeven. Het uitvalspercentage bestaat uit het aantal stekken dat afgestorven is. Te zien is dat alle karren een hoog uitvalspercentage hebben, namelijk meer dan 40%. Kar 4 (alleen verrood) en kar 5 (donker) geven een iets hoger uitvalspercentage. Wat opvallend is, dat kar 4 in de eerste beoordeling wel het meeste callus had van alle behandelingen. De weergave van de wortelontwikkeling is

exclusief de uitvallers. Deze behandeling heeft de voorsprong niet behouden. Ook heeft kar 5 het in het begin beter gedaan wat betreft de beworteling. Daarna hebben de andere behandelingen de stekken in de donkerbehandeling ingehaald. De referentie in de kas heeft de slechtste beoordeling; hier was het ook aanzienlijk kouder dan in de LED-cel.

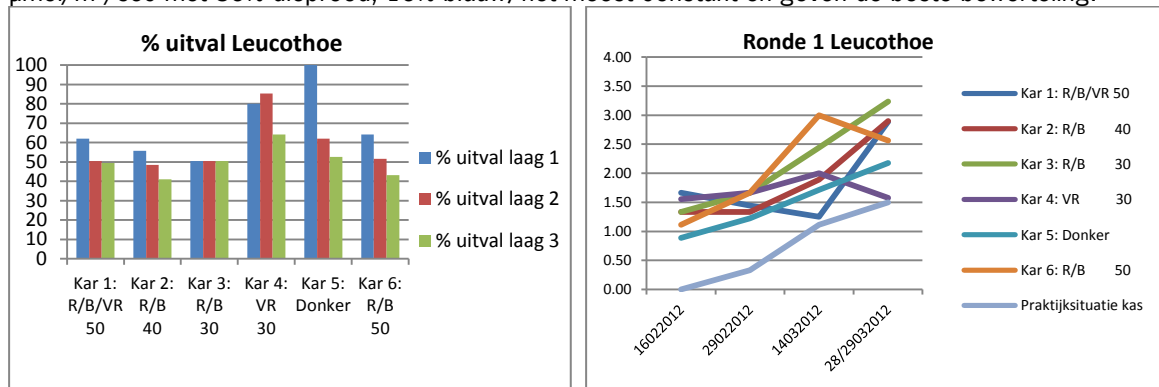


Figuur 2-3: Uitval Photinia ronde 1

Figuur 2-4: Wortelontwikkeling Photinia ronde 1

In deze proefronde is het uitvalspercentage bij Leucothoe net als bij de Photinia erg hoog bij alle behandelingen (Figuur 2-5). Daarbij is het uitvalspercentage bij stekken met alleen verrood (kar 4) en in het donker (kar 5) wat hoger dan bij de andere behandelingen.

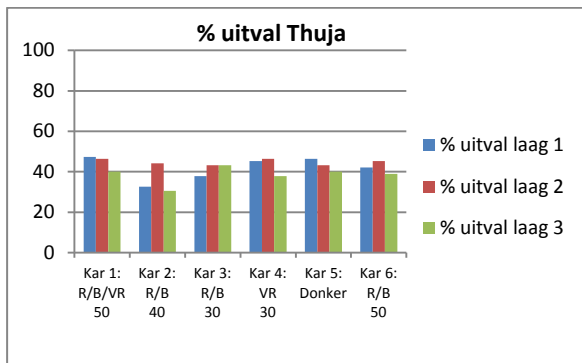
Ook Leucothoe heeft na 2 weken onder alleen verrood licht opvallend veel callusvorming (Figuur 2-6). Daarna verliezen deze stekken hun voorsprong. Gemiddeld zijn kar 2 en kar 3 (respectievelijk 40 en 30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ met 85% dieprood, 15% blauw) het meest constant en geven de beste beworteling.



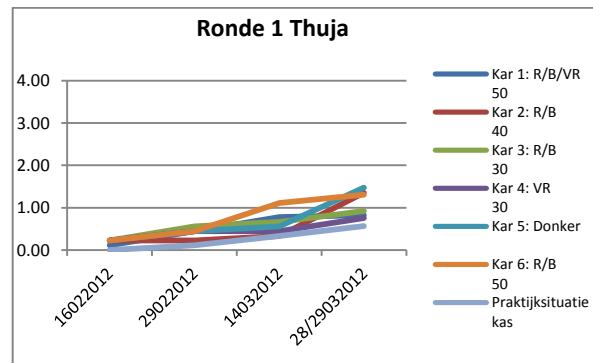
Figuur 2-5: Uitval Leucothoe ronde 1

Figuur 2-6: Wortelontwikkeling Leucothoe ronde 1

In tegenstelling tot Photinia en Leucothoe geven kar 4 en 5 bij Thuja geen hoger uitvalspercentage (Figuur 2-7). Bij alle behandelingen ligt het uitvalspercentage rond de 40%, wat erg hoog is. De beworteling is na 8 weken nog steeds niet erg ver, zie figuur 3.6. De laatste beoordeling is 8 weken na steken. Kar 2, 5 en 6 lopen iets voor op de rest, maar de verschillen zijn beperkt. Behandeling met alleen verrood blijft achter op de andere LED behandelingen.



Figuur 2-7: Uitval Thuja ronde 1



Figuur 2-8: Bewortelingsindex Thuja ronde 1

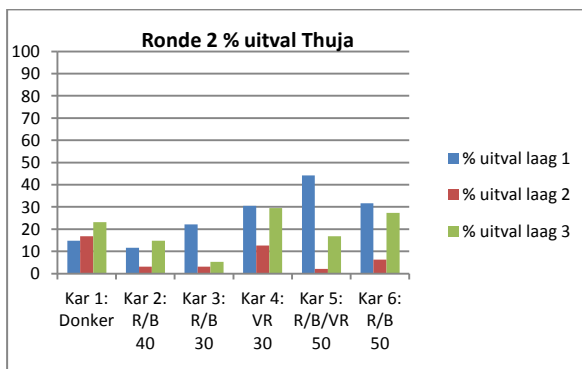
2.2.2 Proefronde 2

In proefronde 2 zijn er 4 gewassen ingezet; Thuja, Euonymus, Hydrangea en Tricyrtis. De proef is gestart op 15 mei 2012 en is op 10 juli 2012 afgerond. Belichtingstijden zijn 16 uur per etmaal met de instellingen volgens onderstaande tabel (Tabel 2-2). Zoals te zien zijn karren 1 en 5 omgewisseld ten opzichte van proefronde 1. Dit omdat er een airco in de cel is geplaatst boven kar 1. Omdat deze kar geen belichting had, was dit praktischer. In deze ronde hebben alle middelste lagen van alle karren (laag 2) de eerste 2 weken in het donker gestaan. Daarna zijn ze volgens onderstaande tabel in de LED-behandelingen gezet. De uitvalspercentages van de kasreferentie zijn ook in deze proefronde nog niet meegenomen i.v.m. de tragere beworteling door lagere temperaturen.

Tabel 2-2 Lichtinstellingen proefronde 2

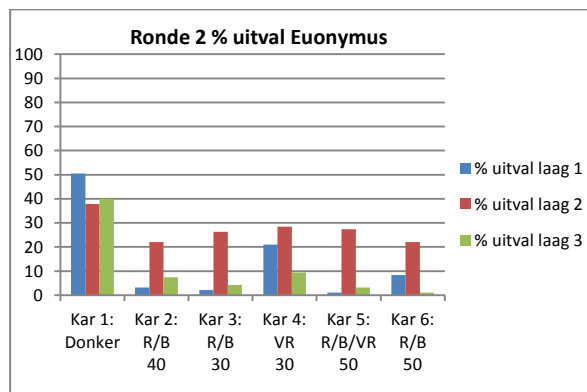
Lichtniveua's per kar	Intensiteit ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$)	Percentage Blauw	Percentage Dieprood	Percentage Verrood
Kar 1: Donker	0	0%	0%	0%
Kar 2: R/B 40	40	15%	85%	0%
Kar 3: R/B 30	30	15%	85%	0%
Kar 4: VR 30	30	0%	0%	100%
Kar 5: R/B/VR 50	50	12%	80%	8%
Kar 6: R/B 50	50	15%	85%	0%
Praktijksituatie kas	Daglicht	Daglicht	Daglicht	Daglicht

Zoals te zien in Figuur 2-9 lijkt de Thuja baat te hebben bij een voorbehandeling in het donker; het uitvalspercentage van laag 2 is bij alle karren het laagst. Verder kan gezegd worden dat alleen verrood (kar 4) en hoge lichtniveau's (kar 5 en 6) ook een negatieve invloed heeft op het slagingspercentage. De wortelontwikkeling van de Thuja wordt hier niet besproken; de resultaten waren te wisselend en in combinatie met de trage beworteling is het niet relevant om hier een uitspraak over te doen.



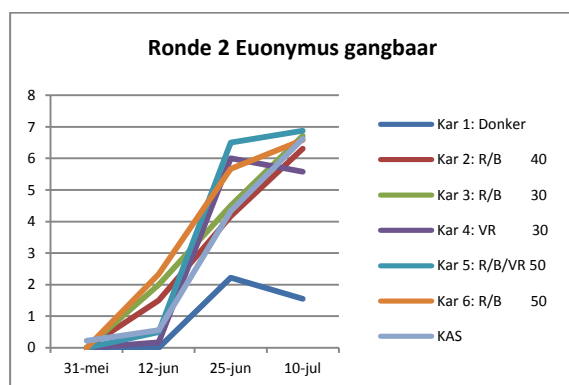
Figuur 2-9: Uitval Thuja ronde 2

De *Euonymus* geeft in tegenstelling tot de *Thuja* een negatieve respons op de donkerbehandeling; in Figuur 2-10 is te zien dat het uitvalspercentage bij alle karren op de tweede laag het hoogste is. Kar 1 die de gehele proefronde in het donker gestaan, laat bij alle lagen een hoger uitvalspercentage zien. Ook kar 4, de verrood behandeling, heeft een duidelijk hoger uitvalspercentage dan de rest.

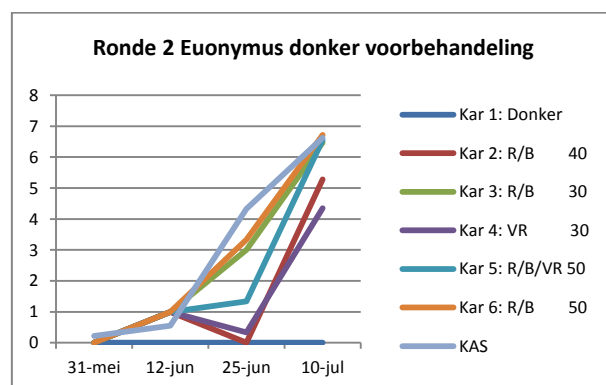


Figuur 2-10: Uitval *Euonymus* ronde 2

De wortelontwikkeling van de *Euonymus* is te zien in Figuur 2-11 en Figuur 2-12 (met donkerbehandeling). Bij de donkerbehandeling is kar 1 op bewortelingsstadia 'nul' gezet gezien het hoge uitvalspercentage. Verder zit er weinig verschil in de beworteling. Wel is de wortelontwikkeling in de behandelingen met eerst 2 weken donker wat trager; op 25 juni kwam deze bij geen enkele behandeling boven de 4, terwijl de normale behandelingen allemaal boven de 4 lagen. De kas behandeling gaat gelijk op met de LED behandelingen.

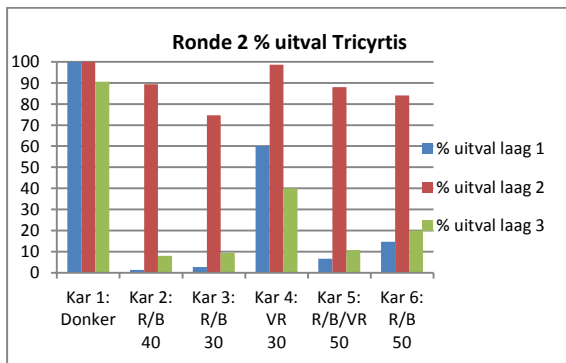


Figuur 2-11: Bewortelingsindex *Euonymus* normaal

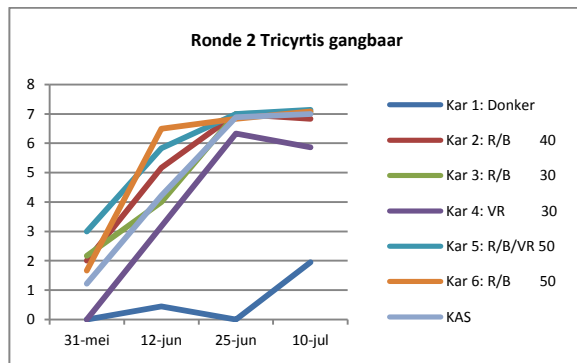


Figuur 2-12: Wortelontwikkeling *Euonymus* na donker voorbehandeling

Tricyrtis kan, zoals te zien in Figuur 2-13, niet in het donker beworteld worden. Bij alle LED behandelingen ligt het uitvalspercentage van laag 2 (donkere voorbehandeling) boven de 70%. Van kar 1, de donkerbehandeling, zijn alle lagen volledig uitgevallen. Ook de verrood behandeling, kar 4, heeft een duidelijk hoger uitvalspercentage. De wortelontwikkeling van alle LED behandelingen, behalve de verrood behandeling, lopen redelijk gelijk op. De kasreferentie loopt gelijk aan de LED behandelingen (Figuur 2-14).

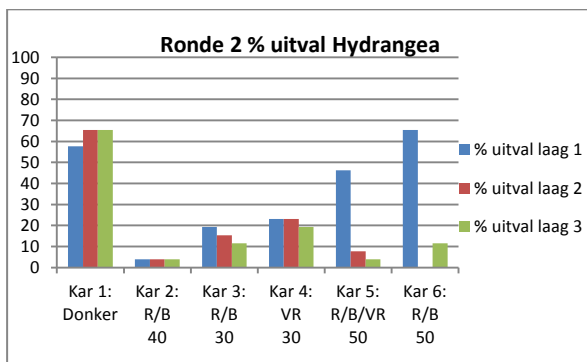


Figuur 2-13: Uitval Tricyrtis ronde 2



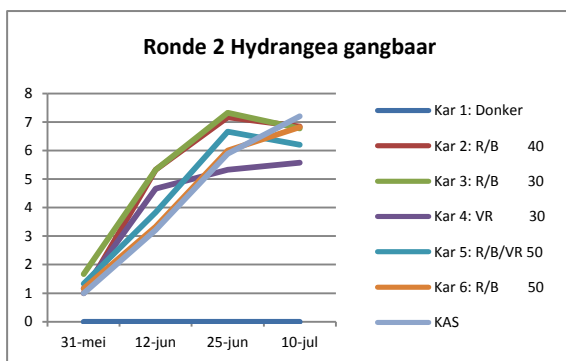
Figuur 2-14: Wortelontwikkeling Tricyrtis ronde 2

De Hydrangea vertoonde wat betreft uitval geen negatieve respons op de voorbehandeling in donker (Figuur 2-15). Bij alle karren ligt het uitvalspercentage van de 2^e laag gelijk of lager dan die van laag 1 en 3. Een gehele beworteling in het donker veroorzaakt een hoog uitvalspercentage: gemiddeld 60%. Laag 1 (bovenin) geeft gemiddeld een hoger uitvalspercentage. Dit kan veroorzaakt zijn door een wat droger en warmer klimaat in de cel. Wel is het opvallend dat de andere gewassen hier geen last van hadden.

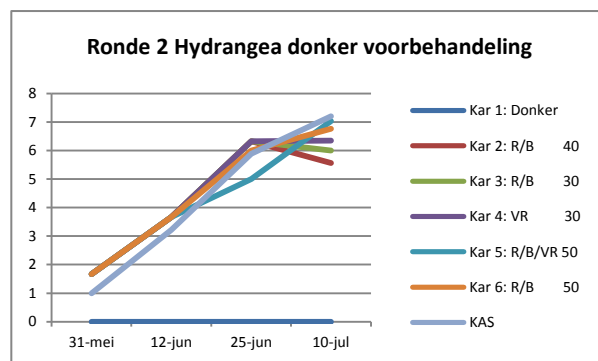


Figuur 2-15: Uitval Hydrangea ronde 2

De wortelontwikkeling bij de verschillende LED behandelingen van de Hydrangea verschilde niet veel van elkaar (Figuur 2-16 en Figuur 2-17). Kar 1 is in beide figuren niet meegenomen gezien het hoge uitvalspercentage. De behandelingen met 30 of 40 μmol liepen aanvankelijk voor op de kasreferentie. De behandelingen met een donker voorbehandeling bewortelden vergelijk met de referentie in de kas.



Figuur 2-16: Wortelontwikkeling Hydrangea gangbaar ronde 2



Figuur 2-17: Wortelontwikkeling Hydrangea donker voorbehandeling

2.2.3 Proefronde 3

In proefronde 3 is gekozen om te focussen op 1 gewas, zodat er meer stekken per behandeling getest konden worden en er betrouwbaardere uitspraken gedaan kunnen worden. Als testgewas is gekozen voor *Hydrangea* (Figuur 2-18); er is een rode en een witte variëteit meegenomen. De lichtbehandelingen zijn hetzelfde als in proefronde twee en staan nogmaals weergegeven in Tabel 2-3. De proef is gestart op 14 augustus 2012. De resultaten waren na 3 weken onvoldoende omdat het klimaat niet goed gehandhaafd kon worden; de RV (Relatieve Luchtvochtigheid) was te laag. Daarom zijn de beste stekken per kar op laag 2 gezet en zijn de 1^e en 3^e laag van de karren opnieuw ingezet op 6 september. Op 9 oktober is de proef afgerond. Alleen de stekken die er van 6 september tot 9 oktober hebben ingestaan, worden daarom besproken.



Figuur 2-18. *Hydrangea* onder LED-licht in ronde 3.

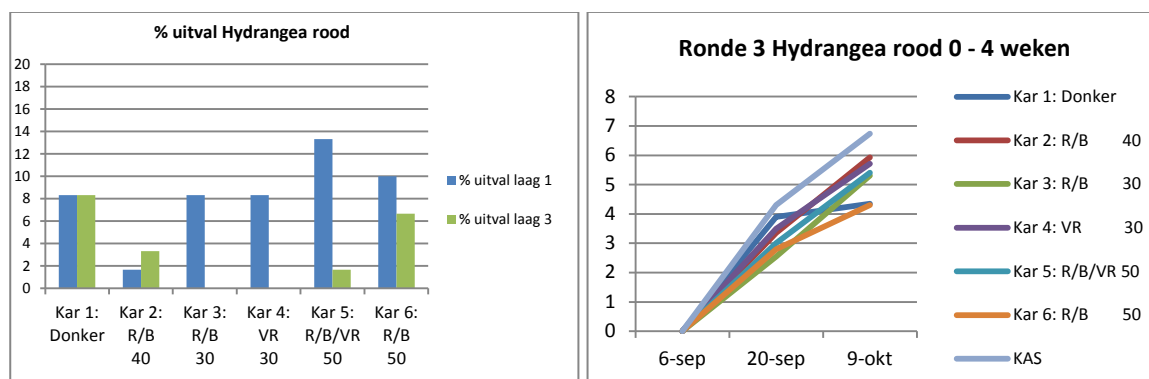
Tabel 2-3 Lichtinstellingen proefronde 3

Lichtniveau 's per kar	Intensiteit ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$)	Percentage Blauw	Percentage Dieprood	Percentage Verrood
Kar 1: Donker	0	0%	0%	0%
Kar 2: R/B 40	40	15%	85%	0%
Kar 3: R/B 30	30	15%	85%	0%
Kar 4: VR 30	30	0%	0%	100%
Kar 5: R/B/VR 50	50	12%	80%	8%
Kar 6: R/B 50	50	15%	85%	0%
Praktijksituatie kas	Daglicht	Daglicht	Daglicht	Daglicht

Op alle karren was de onderste laag erg nat. Dit gaf een vermindering in uitval van de *Hydrangea* 'rood' (Figuur 2-19), maar was negatief op de beworteling en op het bladbehoud. Er zat meer smet in en de onderste lagen waren slechter beworteld. Ook kan gezegd worden dat de *Hydrangea* 'rood' niet gemakkelijk in het donker beworteld; het uitvalpercentage is er hoger. Ook had de donkerbehandeling veel bladval en smet. De wortelontwikkeling (Figuur 2-20) laat ook zien dat de beworteling in het donker na 2 weken achterblijft op de LED-behandelingen. De verroodbehandeling (kar 4) ontwikkelt zich daarentegen bij beide cultivars relatief goed, ondanks dat in deze behandeling geen fotosyntheselicht (PAR) werd gegeven.

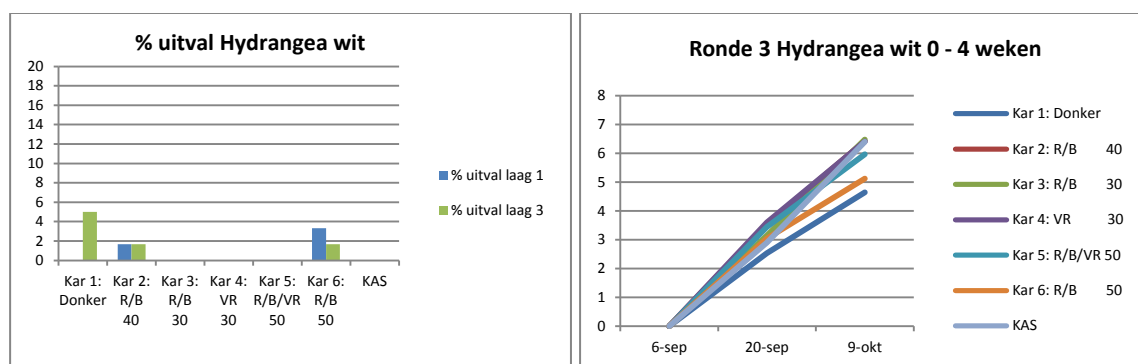
Bij de rode variëteit is het uitvalpercentage duidelijk groter dan bij de witte variëteit (Figuur 2-21). Ook blijft de wortelontwikkeling in de LED-behandelingen wat achter bij de kasbehandeling. De witte variëteit lijkt bij alle LED behandelingen even goed te bewortelen (Figuur 2-22) en even goed als de kasbehandeling. Ook

hier was weer zichtbaar dat de donker en verrood behandeling (respectievelijk kar 1 en kar 6) veel meer bladval hadden.



Figuur 2-19: Uitval Hydrangea Rood ronde 3

Figuur 2-20: Wortelontwikkeling Hydrangea Rood ronde 3



Figuur 2-21: Uitval Hydrangea Wit ronde 3

Figuur 2-22: Wortelontwikkeling Hydrangea wit ronde 3

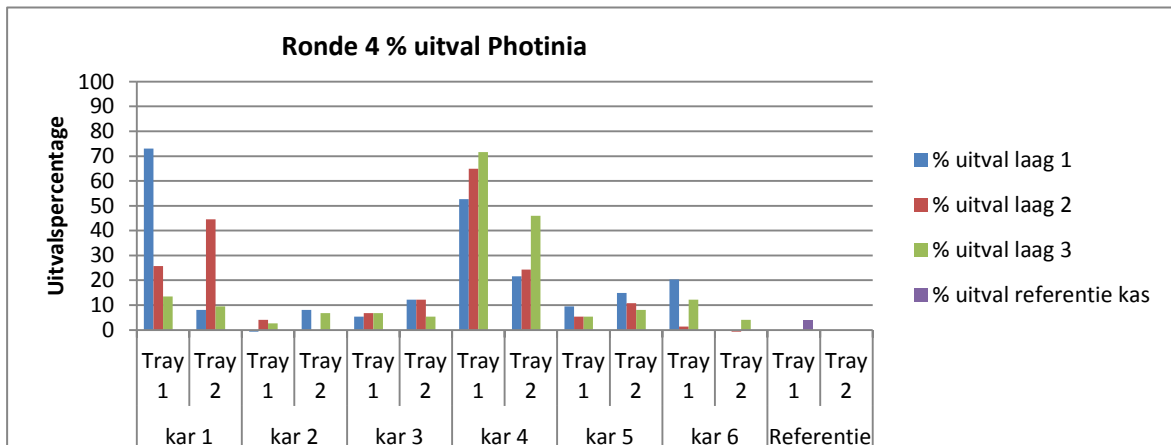
2.2.4 Proefronde 4

In ronde 4 zijn dezelfde lichtinstellingen gehouden als in proefronde 2 en 3. Deze zijn nogmaals weergegeven in Tabel 2-4. De proef is ingezet op 20 november 2012 en is afgerond op 8 januari 2013. Voorafgaand aan deze proef is een ultrasone vernevelaar geïnstalleerd om de luchtvochtigheid beter op peil te kunnen houden.

In deze proefronde zijn twee gewassen meegenomen, nl. Photinia en Camellia. Bij beide gewassen zaten er soms grote verschillen in uitval en beworteling per laag per kar. Er stonden per laag per kar 2 trays en deze worden dus ook apart genoemd. Het uitgangsmateriaal heeft hier waarschijnlijk de grootste invloed op gehad. Dit is ook de enige proefronde waarbij de uitvalspercentages van de kas zijn meegenomen.

Tabel 2-4 Lichtinstellingen proefronde 4.

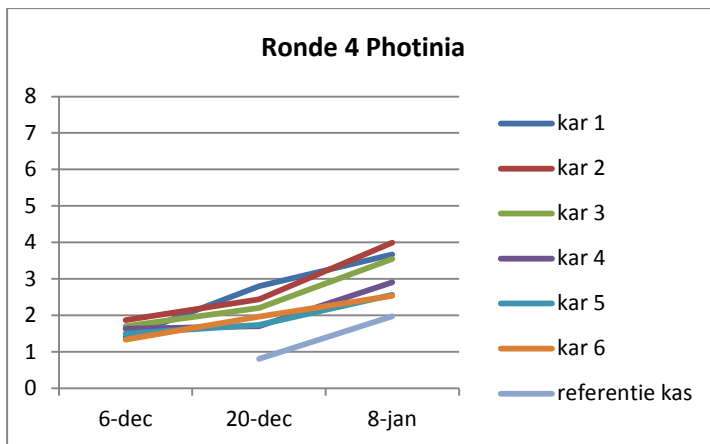
Lichtniveaus per kar	Intensiteit (in $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$)	Percentage Blauw	Percentage Dieprood	Percentage Verrood
Kar 1: Donker	0	0%	0%	0%
Kar 2: R/B 40	40	15%	85%	0%
Kar 3: R/B 30	30	15%	85%	0%
Kar 4: VR 30	30	0%	0%	100%
Kar 5: R/B/VR 50	50	12%	80%	8%
Kar 6: R/B 50	50	15%	85%	0%
Praktijksituatie kas	Daglicht	Daglicht	Daglicht	Daglicht



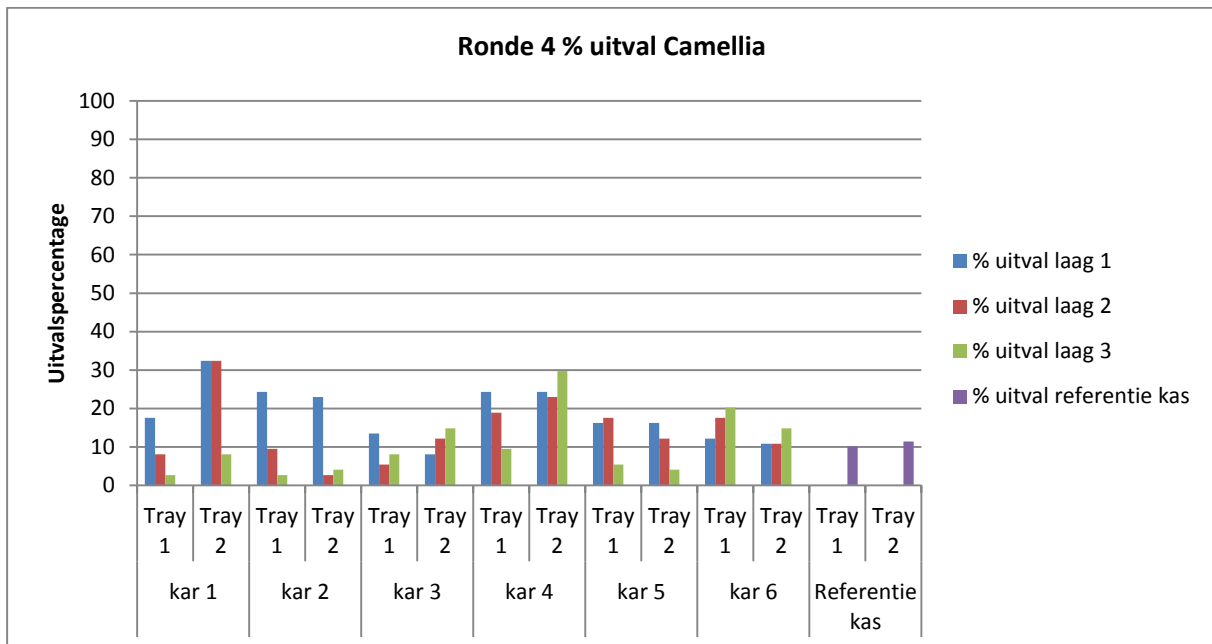
Figuur 2-23: Uitval Photinia ronde 4

Zoals te zien in Figuur 2-23 is de uitval in Photinia het hoogste op kar 1 en 4. De referentie doet het nog het beste. Ook kar 2 kan redelijk goed meekomen.

Als er gekeken wordt naar de wortelontwikkeling (Figuur 2-24) blijft de referentie wel achter. Dit is ook logisch omdat het in de kas veel kouder is dan in de LED-cel. Kar 2 (R+B, 40 μ mol) doet het iets beter dan de rest en omdat deze ook de minste uitval had, lijkt dit de beste behandeling voor Photinia. Opvallend is wel dat de stekken van kar 1 (donker) die niet uitgevallen zijn, wel erg goed bewortelen (de op één na beste bewortelingsindex).

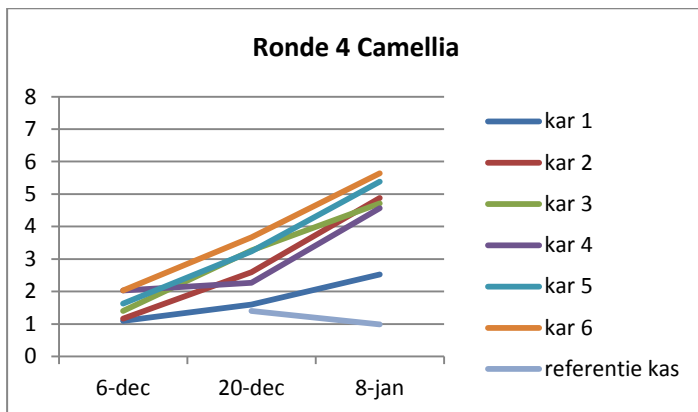


Figuur 2-24: Wortelontwikkeling Photinia ronde 4



Figuur 2-25: Uitval Camellia ronde 4

Zoals te zien in Figuur 2-25 was het uitvalspercentage bij Camellia in alle behandelingen vrij hoog. Ook in de referentie, de kas, lag het uitvalspercentage op 10%. Het hoogste uitvalspercentage ligt bij kar 1 en 4. Als gekeken wordt naar de wortelontwikkeling (Figuur 2-26), loopt die van kar 1 ook ver achter op de rest. De referentie in de kas loopt nog verder achter, wat logisch is gezien de lagere temperatuur.



Figuur 2-26: Wortelontwikkeling Camellia ronde 4

2.3 Literatuurinfo

Tijdens de groepsbijeenkomsten kwamen vragen naar voren over diverse aspecten rondom het meerlagensysteem. Zoals:

- heeft een onbewortelde stek fotosynthese-activiteit (= aanmaak van nieuwe suikers)?
- De tijdelijk donker-behandeling blijkt soms goede resultaten op te leveren. Bekend is dat auxine in een fles door licht wordt afgebroken, dus misschien ook in de plant? Auxine is echter nodig voor de wortelvorming, maar wordt aangemaakt in de top van de plant. Doet de donkerbehandeling het daarom zo goed? Ook in weefselkweek reageren sommige gewassen goed op tijdelijk donker voor een betere wortelvorming. Anderzijds zou (blauw) licht de aanmaak en/of het transport van auxine kunnen stimuleren.

- Gezien de wisselende reactie van de gewassen op de lichtbehandelingen, is de vraag of er in de literatuur een indeling bekend is van de reactie van gewassen op licht tijdens de beworteling. Bijv. verschil tussen schaduw- en zonplanten.

2.3.1 Rol fotosynthese tijdens de vermeerdering

In snijrozen is uitgebreid onderzoek gedaan naar de rol van bladeren in het vermeerderingsproces. Een positieve balans tussen fotosynthese en ademhaling is nodig voor overleving van het stek, beworteling en verdere uitgroei. Er is een lineair verband tussen de netto fotosynthese en het aantal wortels. Ook groei van de wortels en groei van de scheut hangen af van de fotosynthese. Als de fotosynthese beperkend is door bladverwijdering of verlaagde licht- en CO₂-niveaus, waardoor te weinig nieuwe suikers gevormd worden, kunnen reserves in blad of stengel een positieve bijdrage leveren aan groei van wortels en scheut. Voor fotosynthese is groen blad, licht en CO₂ nodig. Daardoor speelt blad over het algemeen een belangrijke rol bij de beworteling, niet alleen als fotosynthese-apparaat, maar ook als bron van hormonen en voedingselementen. Na het knippen van stek stopt de fotosynthese, omdat de huidmondjes sluiten door de afgesneden aanvoer van water uit de wortels. In het licht kan binnen enkele uren herstel optreden, zodat het niveau snel weer 70% van het niveau aan de moederplant bedraagt. Voorwaarde daarbij is uiteraard wel dat er geen sprake is van waterstress (hoge RH, niet te hoge lichtintensiteit) (Derkx, 2006).

Een stek met meer bladeren bleek meer fotosyntheseproducten te maken dan wanneer de bladeren werden afgedekt, verwijderd of wanneer de CO₂-concentratie verlaagd werd. Tegelijk maakte een stek met meer bladeren meer wortels. Als alle bladeren van de stekken werden verwijderd, ontstond binnen 2 weken veel stengelrot (Costa, et al, 2001). Ook bij de perkplanten *Petunia* en *Impatiens* is aangetoond dat stekken in de bewortelingsfase fotosyntheseactiviteit hebben. Het belang daarvan is dat er koolhydraten aangemaakt kunnen worden die de stek gelijk kan gebruiken om wortels aan te maken. Als stekken in deze fase te weinig licht krijgen, vertraagt de beworteling en is de kans op uitval groter. Bij *Petunia* en *Impatiens* ligt de optimale lichthoeveelheid tussen 4 en 6 mol/m²/dag gedurende de wortelinitiatie. Daarna was een lichthoeveelheid tussen 6 en 8 mol/m²/dag gewenst. Voor de wortelinitiatie komt dit neer op 70 tot 100 μmol/m²/sec bij een daglengte van 16 uur. (Lopez en Runkle, 2008)

In soorten die er lang over doen om te bewortelen, zoals *Picea abies* en *Shorea leprosula*, zijn de in de stek aanwezige reserves niet toereikend, zodat nieuwe fotosynthese nodig is om het verbruik van koolhydraten bij de beworteling te compenseren (Derkx, 2006).

2.3.2 Invloed donkerperiode

Petunia blijkt sterk te profiteren van een donkerperiode aan het begin van het bewortelingsproces. Er is een vergelijking gemaakt tussen stekken die de eerste 7 dagen in het donker werden bewaard en vervolgens in de tray gestoken en 9 dagen in het licht geteeld (10 uur daglengte) en stekken die gedurende deze hele periode (16 dagen) onder lichtomstandigheden stonden. Stekken die eerst in het donker bewaard werden, vormden in de kasperiode sneller wortels en hadden na 16 dagen meer wortels dan stekken die gelijk licht kregen. Bovendien was de beworteling homogener. Daarbij bleek ook dat de donkerperiode het beste bij wat lagere temperatuur (10 i.p.v. 20°C) kon plaatsvinden, want dat gaf minder vergeling en verdroging van de bladeren. Bij de donker bewaarde stekken werden tijdens de bewaring al de eerste wortelmeristeen cellen gevormd. Ook nam het suikergehalte sneller toe na het steksteken dan bij de normaal behandelde stekken. In het artikel wordt gesuggereerd dat de al aanwezige meristeen cellen sterker als een 'sink' konden fungeren, waardoor deze cellen meer suikers (=energie) tot hun beschikking kregen en daardoor sneller wortels kunnen vormen. In chrysanten en anjers zijn dergelijke effecten van een donkerbewaring ook gevonden, maar minder nadrukkelijk (Klopotek, et al, 2010).

Ook de beworteling van *Photinia fraseri* werd bij in vitro vermeerdering gestimuleerd door een donkerperiode van 7 dagen (L. JiHong, et al, 2006). Daarentegen had berk geen profijt van een donkerperiode van 8 dagen in de weefselkweek. Scheutjes bewortelden beter bij 16 uur licht per dag. Overigens werd de eerste wortelvorming na 8 dagen al waargenomen. Mogelijk dat de donkerperiode van 8 dagen te lang was. Een kortere donkerperiode is echter niet getest. Duidelijk is wel dat gewassen verschillend kunnen reageren op een aanvankelijke donkerperiode (Wynne en McDonald, 2002).

2.3.3 Auxinetransport

Het hormoon auxine is bij diverse processen in de plant betrokken, zoals de embryonale ontwikkeling, verlenging, bovengrondse vertakking, wortelontwikkeling, wortelvertakking en de plantrichting in reactie op licht, zwaartekracht en beweging. Auxine wordt voornamelijk in de top van de scheuten en jonge bladeren aangemaakt en wordt vandaar naar beneden getransporteerd. Onder invloed van blauw licht vanaf de zijkant wordt auxine meer horizontaal verplaatst en groeit de plant aan de schaduwkant meer dan aan de lichtkant met als gevolg dat de stengel naar het licht toegroeit. Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat deze auxine in de plant onder invloed van licht wordt afgebroken. Over exacte processen is echter ook nog veel onbekend, omdat behaalde resultaten elkaar nogal eens tegenspreken (Peer et al, 2011).

2.3.4 Lichtintensiteit

In het overleg op 25 juni is besproken dat de gewassen wisselend reageren op de lichtbehandelingen. Toen is de vraag gesteld of er in de literatuur een indeling bekend is van de reactie van gewassen op licht tijdens de beworteling. Bijv. verschil tussen schaduw- en zonplanten. In de literatuur zijn er geen totaaloverzichten gevonden. Wel zijn er veel proeven gedaan met individuele gewassen. In Tabel 2-5 is een overzicht gemaakt van de belangrijkste gewassen met de focus op houtige gewassen.

Tabel 2-5. Overzicht van lichtbehoefte van diverse (houtige) gewassen tijdens vermeerderingsfase.

		Bron
Proeven met LED-licht		
<i>Buxus</i>	Minimaal 25 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (16 uur) Goede resultaten met 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Van Dalfsen en Slingerland, 2012
<i>Ceanothus</i>	Minimaal 25 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (16 uur)	Van Dalfsen en Slingerland, 2012
<i>Rhododendron</i>	Goede resultaten met 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ *	Van Dalfsen en Slingerland, 2012
<i>Platycladus</i>	Goede resultaten met 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ *	Van Dalfsen en Slingerland, 2012
<i>Leucothoe</i>	Goede resultaten met 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ *	Van Dalfsen en Slingerland, 2012
Proeven met TL-licht		
<i>Pieris</i>	Minimaal 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (16 uur) Geen verschil tussen 20 en 70 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ *	Ruesink, 1994-1996
<i>Forsythia</i>	Optimum rond 100 tot 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ (TL-licht)	Loach en Gay, 1979
<i>Weigela</i>	Optimum rond 100 tot 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ (TL-licht)	Loach en Gay, 1979
<i>Viburnum</i>	Redelijke resultaten met 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Ruesink, 1991
<i>Viburnum</i> , <i>Acer palmatum</i> , <i>Hibiscus syriacus</i>	Optimum rond 40 tot 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ tijdens 1 ^e periode wortelvorming, later hoger *	Lopez & Runkle, 2008
<i>Acer palmatum</i>	300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ gaf beter resultaat (82% slaging) dan 900 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (64% slaging)	Lopez & Runkle, 2008
Proeven met bijbelichting		
<i>Corylopsis</i> , <i>Lonicera</i> en <i>Clematis</i> zomerstek	Geen positief effect van bijbelichting (aug-nov), div. niveau's tot ca. 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Joustra en Ruesink, 1988
<i>Corylopsis</i> , zomerstek	Schade van bijbelichting met ca. 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Joustra en Ruesink, 1988
<i>Acer palmatum</i>	Positief effect van dagverlenging tot 18 uur met 10-20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Joustra en Ruesink, 1989
div. coniferen, in december	Positief effect in winter van dagverlenging tot 18 uur met 30-60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Joustra en Ruesink, 1989

<i>Cornus alba</i>	Positief effect in winter van dagverlenging van 19 of 24 uur 1-2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (gloeilamp)	Whalley en Cockshull, 1972
<i>Camellia japonica</i>	Positief effect in herfst en voorjaar van dagverlenging tot 16 uur met 45 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ in zwaargeschermde kas; cultivar afhankelijk	French en Alsbury, 1989
Andere gewassen / weefselkweek		
<i>Prunus serotina</i> , in vitro	Goede resultaten met ca. 45 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Fuernkranz e.a., 1990
<i>Eucalyptus</i> , in vitro	Goede resultaten met ca. 35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Fett-Neto, et al, 2001
<i>Hydrangea quercifolia</i> , in vitro	Goede resultaten met ca. 35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Sacco, et al, 2012
Chrysant, in vitro	Goede resultaten met 85 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Miler en Zalewska, 2006
snijrozen	Beste beworteling bij een lichtintensiteit van 270 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ bij een vergelijking van 90, 180 en 270 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ onder gecontroleerde omstandigheden	Park, et al, 2011
<i>Gypsophila paniculata</i>	Betere beworteling bij een lichtintensiteit van 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ dan bij 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ *	Lopez & Runkle, 2008
Kruidachtige gewassen	Optimum rond 100 tot 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ tijdens 1 ^e periode wortelaanleg, later hoger *	Lopez & Runkle, 2008
<i>Petunia</i>	Optimum tussen 70 en 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ tijdens 1 ^e periode wortelaanleg, later hoger (ca 140) *	Lopez & Runkle, 2008
<i>Impatiens</i>	Optimum tussen 70 en 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ tijdens 1 ^e periode wortelaanleg, later hoger (ca 140) *	Lopez & Runkle, 2008

*: Gerekend met daglengte van 16 uur

Het optimale lichtniveau blijkt wisselend per gewas. De grootste gemene deler is wel een lichtniveau van ca. 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$.

2.4 Conclusies en aanbevelingen

In het praktijknetwerk is een meerlagensysteem in een klimaatcel gerealiseerd voor het bewortelen van boomkwekerijgewassen. In het gebouwde prototype zijn in totaal 4 proefrondes uitgevoerd met verschillende gewassen, om enerzijds ervaring op te doen met dit innovatieve teeltsysteem en anderzijds verschillende gewassen te toetsen op beworteling onder LED-verlichting.

Stekken onder LED zonder daglicht is prima mogelijk

Het stekken van boomkwekerijgewassen in een meerlaagssysteem onder LED-licht bleek prima mogelijk. Lichtniveau's tussen 30 en 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ gedurende 16 uur per dag gaf in het algemeen een prima resultaat.

Bij *Euonymus* en *Tricyrtis* gaf een hogere lichtintensiteit van 50 $\mu\text{mol}/\text{s}/\text{m}^2$ in de eerste 2 tot 4 weken soms wel een voorsprong, maar na 8 weken was het verschil geminimaliseerd. Een hogere lichtintensiteit brengt echter ook aanzienlijk hogere kosten met zich mee (meer lampen nodig en een hoger energieverbruik).

Starten met donkerperiode interessant voor energiebesparing

In de eerste ronde was ter controle ook een donkerbehandeling in de proef opgenomen. Dit gaf zodanig interessante resultaten dat hiermee verder geëxperimenteerd is. Dit bleek voor *Thuja* zelfs positief uit te pakken, namelijk minder uitval. Bij de gewassen *Photinia*, *Leucothoe* en *Hydrangea* had een donkerperiode van 2 weken geen teelttechnisch nadeel. Bij de minder houtige gewassen, zoals *Tricyrtis* en *Euonymus* gaf

dit wel een negatief effect. Dit is te verklaren door het gehalte aan reservestoffen en het gebrek aan fotosynthese. Het proces van wortelvorming kost veel energie. Via fotosynthese kan er nieuwe energie (suikers) aangemaakt worden. Een houtig gewas zoals Thuja heeft in het hout blijkbaar voldoende reserves om deze energie te leveren. Tricyrtis en Euonymus ontwikkelen sneller wortels en hebben minder reserves, waardoor deze gewassen vanaf het begin fotosyntheselicht nodig hebben. Deze informatie is interessant voor eventuele energiebesparing. Blijkbaar kan een stek in de eerste fase van beworteling met zeer weinig licht toe. Daarbij waren er wel verschillen tussen gewassen. Opvallend is dat onder verrood licht meer wortelvorming plaatsvindt dan in geheel donker, terwijl deze lichtkleur niet binnen het fotosynthesespectrum valt. De invloed van verrood licht moet nader onderzocht worden.

Het meerlagensysteem geeft vooral in de winterperiode een grote teeltversnelling

In 3 van de 4 rondes hadden de stekken bij meeste LED-behandelingen een snellere start dan in de kasreferentie. In de winterperiode bleek de beworteling in de cel veel sneller te verlopen dan in de kas, voornamelijk door de hogere temperatuur (20 vs. 14 °C). In deze periode hadden de stekken in het meerlagensysteem slechts 2 weken nodig voor dezelfde ontwikkeling als stekken die 8 weken in de kas stonden.

Ook in de periode mei – juli vertoonden verschillende gewassen een snellere ontwikkeling in het meerlagensysteem dan in de kas. Toen was de kastemperatuur wel minimaal gelijk aan de celtemperatuur, terwijl de lichtsom per dag in het meerlagensysteem minimaal een factor 5 lager ligt dan in de kas. Mogelijk dat het constante klimaat het verschil maakt. (P. van Dalfts, 2013).

In de derde ronde (september – oktober) hadden de LED behandelingen geen voorsprong op de kasreferentie, bij de rode variëteit zelfs een achterstand. Het is onduidelijk wat van dit laatste de reden is.

Geproduceerde warmte in cel moet afgevoerd worden

Door het geïnstalleerde vermogen in de klimaatcel bleek de temperatuur in de cel al in de eerste proefronde (februari) na 16 uur belichten op te lopen tot bijna 30°C. Daarop is er een doorstroom koelsysteem aangebracht om de temperatuur constant te houden. Hierbij moet opgemerkt worden dat het gebouwde meerlagensysteem bij Boereboom nog een proefmodel is. In deze proef is gebruik gemaakt van de GreenPower LED-research modules. Deze module is door Philips speciaal ontwikkeld voor onderzoek. Ze zijn dimbaar, zodat per lichtkleur gevarieerd kan worden, maar daarmee zijn ze ook minder efficiënt en komt er relatief meer warmte vrij. Met deze flexibele opzet kon goed worden achterhaald bij welke lichtbehandeling een gewas het beste bewortelt. Bij opschaling van het systeem moet nagedacht worden hoe eventuele restwarmte nuttig hergebruikt kan worden, bijv. voor een woonwijk of een zwembad in de buurt. Die informatie is nodig voordat een grotere cel met een vaste LED-opstelling kan worden gebouwd.

3 Communicatie

Doel:

De boomkwekerijsector en de sector plantaardig uitgangsmateriaal zijn op de hoogte van de resultaten van ons innovatienetwerk.

Realisatie:

- Op 15 september 2011 is een groep kwekers vanuit Studieclub Horst a/d Maas bij Boereboom op bezoek geweest (15 deelnemers). Daarbij is het idee van een meerlagensteksysteem in combinatie met LED-verlichting gepresenteerd en aangekondigd dat Boereboom hiermee aan de slag gaat.
- Op de site www.praktijknetwerkenindelandbouw.nl is vanaf februari 2012 een beschrijving van het project gepubliceerd.
- Begin februari 2012 is de pers via een persbericht (<http://edepot.wur.nl/252856>) op de hoogte gebracht van de start van de eerste proef. Dit heeft geleid tot minimaal 6 persberichten in diverse vakbladen en kranten (De Boomkwekerij, Vakblad voor Bloemisterij, Boom in Business, Eindhovens Dagblad, Bestuurlijk Nieuws, hortibiz.com)
- Artikel over het netwerk in vakblad Boom in Business: R. Jacobs. Led's do it in the dark. Maart 2012, pagina 10-11. <http://edepot.wur.nl/211061>
- Artikel in vakblad De Boomkwekerij. P. Smits. Praktijknetwerken, handige hulp voor vergaren kennis, De Boomkwekerij 31/32 (2012). p. 12 - 13.
- Open ochtend op 7 september 2012 (zie foto's voor impressie). De uitnodiging hiervoor is verstuurd aan studieclubs, geïnteresseerde kwekers, klanten van Boereboom en van netwerkpartners (zie http://www.praktijknetwerkenindelandbouw.nl/Producten/Persbericht%20open%20dag%20_Steekbedrijf%20vd%20toekomst%207%20september.pdf). Deze dag is zeer goed bezocht, namelijk ca. 150 bezoekers. Er zijn twee presentatierondes gehouden (ca. 45 minuten per ronde), waarin bezoekers de opzet en resultaten kregen uitgelegd. Uiteraard kon ook de klimaatcel bezichtigd worden. Op de open dag kregen ook andere leveranciers van Boereboom de gelegenheid zich te presenteren met een stand. De open ochtend is gecombineerd met een open middag op het bedrijf van mede-aanvrager Kwekerij Bloemen. Op dat bedrijf lag de nadruk op de toepassing van LED in de kas tijdens de vermeerdering.





Fotoimpressie van open ochtend, 7 september 2012.

- Artikel in Bloembollenvisie, n.a.v. open dag: J. Pennings. Stekken zonder daglicht revolutie voor kwekerij. BloembollenVisie 254 (2012). - p. 18 - 19.
- Artikel in Duitse pers: [http://www.gabot.de/index.php/News-Details/52/0/?&tx_ttnews\[tt_news\]=226211tx_ttnews\[backPid\]=1&cHash=6cffc84d7d&utm_source=Newsletter&utm_medium=E-Mail&utm_campaign=Gabot-Newsletter](http://www.gabot.de/index.php/News-Details/52/0/?&tx_ttnews[tt_news]=226211tx_ttnews[backPid]=1&cHash=6cffc84d7d&utm_source=Newsletter&utm_medium=E-Mail&utm_campaign=Gabot-Newsletter) en <http://www.hortigate.de/bericht?nr=54983>
- Artikel De Boomkwekerij. A. Engels. Uiteenlopende ervaringen met led-belichting. De Boomkwekerij 9 (2013). pagina 14 - 15.
- Artikel De Boomkwekerij. P. van Dalzen, D. Smits-van Tuijl en S. Even. Meerlagenteelt van stek vooral in de winter voordelig. De Boomkwekerij 26 (2013) pagina 14 – 15.
- Er is een handout gemaakt (Bijlage 1) van het project, welke is uitgedeeld op:
 - Meet & Green, Venlo, 15 juni 2012
 - Boomkwekerijbeurs Plantarium, Hazerswoude (22-25 augustus 2012)
 - Open dag PPO en DLV Plant, Boskoop, 28 september 2012
 - boomkwekerijbeurs Groot Groen, Zundert (3-5 oktober 2012)
- Bezoek Studieclub Pot en containerteelt bij Andre Boereboom: juni 2012.
- Aan het eind van project: handout (bijlage 2) met resultaten; gepubliceerd op www.praktijknetwerkenindelandbouw.nl.
- Op 19 juni 2013 worden de resultaten gepresenteerd op de Meet & Green bijeenkomst in Grubbenvorst en wordt de handout (bijlage 2) uitgedeeld.

4 Literatuurlijst

- Costa, J.M., H. Challa, U. van Meeteren en P.A van de Pol (2001). Photosynthates: mainly stored and yet limiting in propagation of rose cuttings. *Acta Horticulturae* 547:167-174.
- Derkx, M.P.M. (2006). Verhogen van het slagingspercentage en de uniformiteit van de beworteling van zacht stek (snijroos en potroos) en winterstek van roos. Project 32 312000 00. PPO Boomkwekerij, Lisse.
- 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
- Van Dalfsen, P. en L. Slingerland (2012). Stekken onder LED-verlichting 2. Project 32 361446 00. PPO Boomkwekerij, Lisse.
- Fett-Neto, A.G., J.P. Fett, L.W. Vieira Goulart, G. Pasquali, R.R. Termignoni en A.G. Ferreira (2001). Distinct effects of auxin and light on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiology* 21, 457-464.
- French, C.J. en J. Alsbury (1989). Supplementary Lighting and CO₂ Mist influence rooting of *Camellia japonica*. *HortScience* 24(3):452-454.
- Fuernkranz, H.A., C.A. Nowak en C.A. Maynard (1990). Light effects on in vitro adventitious root formation in axillary shoots of mature *Prunus serotina*. *Physiologia Plantarum* 80:337-341.
- JiHong, L. , H. XiaoJiao, L. ShengXi en S. ZhongXu (2006). The study of root induction and root vigor in *Photinia fraseri* in vitro. *Acta Horticulturae Sinica* 33 (5):1129-1132.
- Joustra, M.K. en J.B. Ruesink (1988). Bijbelichting van loofhoutstekken tijdens de beworteling. Intern verslag 6/89, Project 1004-1. Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop.
- Joustra, M.K. en J.B. Ruesink (1989a). Effecten van bijbelichting op de beworteling van heesterstek. Intern verslag 26/89, Project 1004-5. Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop.
- Joustra, M.K. en J.B. Ruesink (1989b). Effect van bijbelichting op de groei van beworteld zomerstek. Intern verslag 27/89, Project 1004-6. Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop.
- Joustra, M.K. en J.B. Ruesink (1989c). Effect van licht en temperatuur op de beworteling van coniferenstek in verschillende tijden van het jaar. Intern verslag 23/89, Project 1004-2/4. Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop.
- Klopotek, Y., K.T. Haensch, B. Hause M.R. Hajirezaei, U. Druge (2010). Dark exposure of petunia cuttings strongly improves adventitious root formation and enhances carbohydrate availability during rooting in the light. *Journal of Plant Physiology* 167(2010):547-554
- Loach, K. en A.P. Gay, 1979. The light requirement for propagating hardy ornamental species from leafy cuttings. *Scientia Hortic.*, 10: 217-230.
- Lopez, R.G. en E.S. Runkle (2008): Photosynthetic Daily Light Integral during Propagation Influences Rooting and Growth of Cuttings and Subsequent Development of New Guinea Impatiens and Petunia. *HortScience* 43(7):2052-2059.
- Miler, N. en M. Zalewska (2006). The influence of light colour on micropropagation of *Chrysanthemum*. *Acta Horticulturae* 725:347-350.
- Park, S.M., E.J. Won, Y.G. Park en B.R. Jeong (2011): Effects of Node Position, Number of Leaflets Left, and Light Intensity during Cutting Propagation on Rooting and Subsequent Growth of Domestic Roses. *Hort. Environ. Biotechnol.* 52(4):339-343.
- Peer, W.A., J.J. Blakesleeb, H. Yanga en A.S. Murphya (2011). Seven Things We Think We Know about Auxin Transport. *Molecular Plant* 4(3):487-504.
- Ruesink, J.B. (1991). Effect van stekstelsysteem, licht, temperatuur en CO₂ op de beworteling van *Betula*, *Chamaecyparis*, *Juniperis*, *Malus*, *Pinus*, *Quercus* en *Viburnum*. Intern verslag project 1004. Proefstation voor de Boomkwekerij, Boskoop.
- Whalley, D.N. en K.E. Cockshull (1972). Some effects of photoperiod on the rooting of cuttings. *Nurseryman and Garden Centre* 155 (6): 138-139.

- Wynne, J. en M.S. McDonald (2002). Adventitious root formation in woody plant tissue: the influence of lights and indole-3-butyric acid (IBA) on adventitious root induction in *Betula pendula*. In *Vitro Cellular & Developmental Biology Plant*, 38(2):210-212

Bijlage 1. Tussentijdse handout over het praktijknetwerk

Stekbedrijf van de toekomst



Doelstelling project

Ontwikkelen van het stekbedrijf van de toekomst. De boomkwekerijstekken worden beworteld in een geconditioneerde klimaatruimte met LED-belichting in een meerlagensysteem.

Lichtkleur beïnvloedt plantopbouw

Planten zijn gevoelig voor bepaalde kleuren licht, met name de kleuren blauw, rood en verrood (700-800nm). De beworteling en de vertakking kan worden beïnvloed.

LED-verlichting geeft een specifieke kleur, waardoor het mogelijk is een optimale lichtkleurverhouding te kiezen afgestemd op de behoefte van het specifieke gewas.

Voordelen van het systeem

- Optimaal gebruik van vierkante meters
- Optimale lichtkleursamenstelling voor snellere en/of betere beworteling en betere vertakking;
- Constant klimaat geeft uniformere kwaliteit
- Stektijdstip minder afhankelijk van periode van het jaar
- Indien gewenst eenvoudig en efficiënter extra CO₂ toedienen
- Stekken die sneller bewortelen vragen minder gewasbeschermingsmiddelen
- Transport via rolcontainers: minder bukwerk



Het meerlagensysteem is nu nog gemonteerd op Deense karren. Uiteindelijk will Andre Boereboom zijn stek bewortelen in een bedrijfshal zonder daglicht.

Start

Boereboom Stekcultures in Eindhoven is in februari 2012 gestart met de eerste stekproductie in de kweekcel van 30 m². De opstelling zit nog in de testfase. Er staan 6 Deense karren met elk 3 teeltlagen. Hierop worden de effecten van de lichtkleuren rood, blauw en verrood uitgetoet. Op elke teeltlaag staan de volgende vier gewassen:

- Photinia
- Nandina
- Leucothoe
- Thuja

Partners

PPO: begeleiding praktijknetwerk en inbreng wetenschappelijke kennis
Philips: inbreng expertise over licht en LED
Cultus Agro Advies: beoordeling van de proeven
VTI Horst: deskundige op gebied van besturing klimaat

Deelnemende kwekers:

Maarten Bloemen VOF - Venhorst
Frans van Gils Boomkwekerijen - Hulsel

Meer informatie

Pieter van Daltsen
Pieter.vandaltsen@wur.nl
0252 - 462 104



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

Het Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie (EL&I) is
eindverantwoordelijk voor POP2 in Nederland.



Europees Landbouwfonds voor
Plattelandontwikkeling: Europa
investeert in zijn platteland.

Bijlage 2. Handout met eindresultaten over het praktijknetwerk (maart 2013)

Stekbedrijf van de toekomst



Doelstelling project

Ontwikkelen van het stekbedrijf van de toekomst. De boomkwekerijstekken worden beworteld in een geconditioneerde klimaatruimte met LED-belichting in een meerlagensysteem.

Lichtkleur beïnvloedt plantopbouw

Planten zijn gevoelig voor bepaalde kleuren licht, met name de kleuren blauw, rood en verrood (700-800nm). De beworteling en de vertakking kan worden beïnvloed.

LED-verlichting geeft een specifieke kleur, waardoor het mogelijk is een optimale lichtkleurverhouding te kiezen afgestemd op de behoefte van het specifieke gewas.

Voordelen van het systeem

- Optimaal gebruik van vierkante meters
- Optimale lichtkleursamenstelling voor snellere en/of betere beworteling en betere vertakking;
- Constant klimaat geeft uniformere kwaliteit
- Stektijdstip minder afhankelijk van periode van het jaar
- Indien gewenst eenvoudig en efficiënter extra CO₂ toedienen
- Stekken die sneller bewortelen vragen minder gewasbeschermingsmiddelen
- Transport via rolcontainers: minder buikwerk



Het meerlagensysteem is nu nog gemonteerd op Deense karren. Uiteindelijk wil Andre Boereboom zijn stek bewortelen in een bedrijfshal zonder daglicht.

Meerlagensysteem

Boereboom Stekcultures in Eindhoven is gestart met stekproductie in de kweekcel van 30 m². De opstelling zit nog in de testfase. Er staan 6 Deense karren met elk 3 teeltlagen. Boven elke teeltlaag zijn LED-lampen gehangen, die gedurende 16 uur per dag aan staan. Een ultrasoon mistsysteem zorgt voor een hoge luchtvochtigheid.

Resultaten

- Bewortelen in klimaatcel zonder daglicht met LED is prima mogelijk.
- Bij een lichtintensiteit van 30 tot 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ is er goede beworteling (16 uur per dag). Optimum verschilt wat per gewas.
- Houtiger gewassen, zoals Thuja, kunnen met lagere lichtintensiteit worden beworteld (30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
- Stekken in het meerlagensysteem gaf in de meeste gevallen een snellere wortelontwikkeling dan stekken in de kas.
 - o In de winterperiode werd een versnelling behaald van 8 naar 2 weken, vnl. door temperatuur.
 - o In zomerperiode snellere start van wortelontwikkeling.
- Starten met een donkerperiode is mogelijk:
 - o Een donkerperiode van 2 weken stimuleerde Thuja tot wortelvorming.
 - o Bij Photinia, Leucothoe en Hydrangea had een donkerperiode van 2 weken geen teelttechnisch nadeel;
 - o Zachtere gewassen als Euonymus en Tricyrtis hebben vanaf de start fotosyntheselicht nodig voor beworteling.

Deelnemende kwekers

Maarten Bloemen VOF - Venhorst
Frans van Gils Boomkwekerijen - Hulsel

Meer informatie

Pieter.vandalfsen@wur.nl; 0252 – 462 104
www.praktijknetwerkeninlandbouw.nl/netwerken/0011.asp



Europees Landbouwfonds voor Plattelandsontwikkeling: Europa investeert in zijn platteland.



Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I) is eindverantwoordelijk voor POP2 in Nederland.