

Energiezuinige belichting bloeiende potplanten zonder inzet van remmiddelen



December 2022

A. Boonman, M.W. Bongers, G. Trouwborst & S.W. Hogewoning

Energiezuinige belichting bloeiende potplanten zonder inzet van remmiddelen

December 2022

A. Boonman, M.W. Bongers, G. Trouwborst & S.W. Hogewoning

Plant Lighting B.V.

Doordraai 1

3981 PE Bunnik

info@plantlighting.nl

www.plantlighting.nl

REFERAAT

A. Boonman, M.W. Bongers, G. Trouwborst & S.W. Hogewoning. 2022. Energiezuinige belichting bloeiende potplanten zonder inzet van remmiddelen. Plant Lighting B.V., Bunnik. 110p.

Kijk projectnummer 20006



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



Stichting
Kennis in je Kas



© 2022 Plant Lighting B.V.

Dit rapport is tot stand gekomen in samenwerking met het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland in het kader van het programma Kas als Energiebron, ter stimulering van energiebesparende maatregelen in de tuinbouw. Het onderzoek is mede gefinancierd door Stichting Kennis in je Kas, en de gewascoöperatie Kalanchoë. De resultaten mogen vrij gebruikt worden, mits de bronnen worden vermeld.

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

Inhoudsopgave

| | |
|---|----|
| INHOUDSOPGAVE | 4 |
| SAMENVATTING | 6 |
| DANKWOORD | 8 |
| INLEIDING | 9 |
| 1 PROEFRONDE 1 – INTENSITEIT EN SPECTRUM | 12 |
| 1.1 Materiaal en Methoden | 12 |
| 1.2 Resultaten | 16 |
| 1.3 Discussie en Conclusies | 31 |
| 2 PROEFRONDE 2 – BLAUW EN VERROOD | 34 |
| 2.1 Materiaal en Methoden | 35 |
| 2.2 Resultaten | 39 |
| 2.3 Discussie en Conclusies | 50 |
| 3 PROEFRONDE 3 – UV-GOLFLENGTE EN INTENSITEIT | 52 |
| 3.1 Materiaal en methoden | 52 |
| 3.2 Resultaten | 53 |
| 3.3 Conclusies | 58 |
| 4 PROEFRONDE 4 – UV 24U/DAG | 59 |
| 4.1 Materiaal en methoden | 59 |
| 4.2 Resultaten | 60 |
| 4.3 Conclusies | 63 |
| 5 PROEFRONDE 5 – DAGLENGTE | 64 |
| 5.1 Materiaal en methoden | 64 |
| 5.2 Resultaten | 65 |
| 5.3 Conclusies | 74 |
| 6 PROEFRONDE 6 – LICHTINTENSITEIT EN DAGLENGTE | 75 |
| 6.1 Materiaal en methoden | 75 |
| 6.2 Resultaten | 78 |
| 6.3 Conclusies | 85 |
| 7 PROEFRONDE 7 – VERROOD EN BESPAREN OP ENERGIE | 86 |
| 7.1 Materiaal en methoden | 86 |
| 7.2 Resultaten | 88 |
| 7.3 Conclusies | 95 |
| 8 POTCHRY SANT – UV EN VERROOD | 96 |
| 8.1 Materiaal en methoden | 96 |
| 8.2 Resultaten | 97 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 8.3 | Conclusies | 101 |
| 9 | ALGHEHELE CONCLUSIES..... | 102 |
| | REFERENTIES..... | 104 |
| | BIJLAGE – FOTO'S OVERIGE RASSEN..... | 105 |
| | Proefronde 5 – Daglengte..... | 105 |
| | Proefronde 6 – Lichtintensiteit en daglengte..... | 107 |
| | Proefronde 7 – Verrood en besparen op energie..... | 110 |

Samenvatting

Voor een duurzame teelt van potplanten onder glas moet het energieverbruik en remmiddelengebruik worden verminderd. Plantvorm bij bloeiende potplanten zoals kalanchoë is een belangrijk kwaliteitscriterium. Internodiën en bloemstelen mogen niet te gestrekt zijn en het blad mag niet te grof zijn. Met name in de winter onder lage lichtintensiteit kunnen internodiën en bloemstelen overmatig strekken. Vele factoren kunnen deze compactheid beïnvloeden, waaronder veredeling, remmiddelen, nutriëntengift, potmaat, temperatuur-strategie en belichting. Enkele remmiddelen zijn inmiddels verboden en het valt te verwachten dat steeds minder middelen zullen worden toegelaten vanuit de wetgeving. Belichting kan grote invloed uitoefenen op de plantvorm en bloei. Naast daglengte en lichtintensiteit speelt het spectrum daarbij een rol. Terwijl onder traditionele SON-T belichting het spectrum vast staat, kan er met energiezuinige LED-belichting gestuurd worden met de samenstelling van het lichtspectrum. LED biedt dus kansen om plantvorm en bloei te sturen en het gebruik van energie en remmiddelen mogelijk terug te dringen.

Dit rapport beschrijft zeven proefrondes uitgevoerd in klimaatkamers bij Plant Lighting B.V. In de meeste rondes zijn drie hoofdassen kalanchoë van stek tot oogstbaar product gekweekt: Perfecta Red II, Don Cedro en Don Justino, soms aangevuld met andere rassen. Ook zijn drie rassen potchrysanat onderzocht in één proefronde. Kalanchoë en potchrysanat zijn beide kortedag planten. Er is geen remmiddel gebruikt. Winterse omstandigheden in de kas zijn met zonlichtsimulatoren nagebootst, en daarbovenop is bijbelicht met LED-belichting van verschillende kleurenspectra, daglengte en intensiteit. De proeven waren gericht op:

1. Het juiste LED-spectrum
2. Energiebesparing door lange dag in een deel van de afkweek en minder belichten

LED-spectrum

Dit onderzoek heeft laten zien dat met het juiste LED-spectrum kalanchoë goed onder full-LED geteeld kan worden. In eerste instantie werd geprobeerd een zo compact mogelijke plant te telen met puur rood/blauw LED licht. Ook werd een heel hoog percentage blauw licht (30%) getoetst voor remming van de strekking. Het bleek dat de verschillende getoetste percentages blauw licht beperkt invloed hadden op plantlengte (proefronde 1 en 2), maar bij het laagste percentage van 6% blauw was er een ongelijker bloemscherm ten opzichte van 30% blauw. Tussen 13% en 23% blauw (proefronde 2) was weinig verschil, dus 13% lijkt voldoende. Puur rood/blauw gaf, afhankelijk van het ras, juist veel strekking vanwege doorwas. Vooral in winterse omstandigheden als er weinig verrood licht van de zon is, kan bij gevoelige rassen doorwas optreden. Verrood licht leidde dan juist tot minder strekking. De intensiteit van verrood licht hoeft niet hoog te zijn; $2.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ was al effectief om doorwas-gerelateerde strekking tegen te gaan (proefronde 7). Afschakelen van verrood tijdens de afkweek na 5 weken kortedag leidde ook tot meer strekking dan verrood tijdens de hele kortedag periode (proefronde 2). UV van de juiste golflengte en intensiteit kan worden gebruikt als niet-chemisch remmiddel. Het effect van UV op lengte was afhankelijk van de golflengte UV en

de dosis bij kalanchoë. Alleen de kortere golflengten UV (285 & 308 nm piekgolflengte) hadden een duidelijk effect. Bij de kortste getoetste golflengte (285 nm) trad schade op.

Op grond van dit project zijn er de volgende aanbevelingen wat betreft het LED-spectrum voor kalanchoë:

- Een aandeel blauw in het spectrum rond 13%.
- Indien in de kas onder belichting wordt gewerkt is een klein aandeel witte LED's prettig voor het oog.
- Een klein aandeel verrood (5%)
- Verrood tijdens de hele afkweek blijven belichten
- UV-B wordt interessant als alternatief voor remmiddelen zodra er energetisch efficiëntere en betaalbare lichtbronnen beschikbaar komen.

Potchrysan bleek voor de drie getoetste rassen goed te telen onder LED RWB (13% blauw, 5% groen, 82% rood). Toevoeging van verrood was niet nodig voor een goede bloei en gaf iets meer strekking, wat ongewenst is. UV-B (308 nm) had geen effect op lengte. Alle planten waren wel overmatig gestrekt (geen remmiddel).

Lichtintensiteit en daglengte

Na minimaal vier weken korte dag (KD) kan kalanchoë verder worden afgekweekt onder lange dag (LD) met goede plantkwaliteit (proefronde 5, 6 en 7). Korter dan vier weken KD verstoort de bloei. Hoe hoger de lichtintensiteit in de LD, hoe mooier en zwaardere de plant. Toch kan er ook bij lagere lichtintensiteit met LD een net zo mooie en zware plant worden gekweekt als onder KD met dezelfde lichtsom. Als tijdens LD meer gebruik wordt gemaakt van natuurlijk zonlicht kan bespaard worden op elektraverbruik voor belichting. Tevens kunnen telers zo makkelijker gebruik maken van momenten met goedkopere stroomprijzen. In het algemeen geeft een hogere lichtsom een zwaardere plant, maar tijdens de eerste weken opkweek bij LD (vegetatieve fase) kan kalanchoë wel met een relatief lage intensiteit belichting ($30 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) geteeld worden zonder nadelig effect op de eindkwaliteit.

Energiezuinige teelt met minder remmiddelen?

Alle proeven in dit project zijn gedaan zonder enig remmiddel. Er is voor kalanchoë aangetoond dat lichtspectrum een fors effect heeft op compactheid van de plant bij gevoelige rassen. Belichting met rood/blauw LED zonder verrood tijdens de winter dient bij gevoelige kalanchoë-rassen vermeden te worden. Eventueel kan ook met UV-licht geremd worden, maar die methode lijkt nu nog kostbaar te zijn. Ook moet de lichtintensiteit niet te laag zijn om een mooie compacte plant te telen.

Het gebruik van elektra en remmiddelen kan dus worden verminderd als kalanchoë met de juiste strategie wordt belicht. Door de inzichten uit dit onderzoek te combineren in één teeltconcept kan een forse stap gemaakt worden naar een energiezuinigere kalanchoë-teelt.

Dankwoord

Dit onderzoek is gefinancierd door de Gewascoöperatie Kalanchoë en stichting Kijk (Kennis in je Kas). De eerste twee proefrondes zijn uitgevoerd in opdracht van de Gewascoöperatie Kalanchoë. De focus lag op effecten van lichtspectrum op plantontwikkeling en compactheid. Daar kwamen interessante resultaten uit naar voren en verdere vragen over remming door UV, het juiste LED-spectrum en energiebesparing. Dat heeft geleid tot dit project met nog eens vijf proefrondes. Hopelijk draagt deze kennis bij aan succesvolle toepassing van LED-belichting en daarmee minder elektraverbruik.

Wij willen de financiers, BCO en de kwekers bedanken voor hun bijdrage. De kwekers hebben na afloop van de experimenten de planten beoordeeld op kwaliteit en verkoopbaarheid, en bijgedragen in de discussie over resultaten en vervolgonderzoek, waarvoor dank. De leden van de BCO worden bedankt voor de prettige samenwerking en ondersteuning bij de proeven. Maurits Kooijman van KP Holland en André Lankhaar van Kwekerij Lankhaar hebben stekmateriaal geleverd en veel bijgedragen met hun advies en in de besprekingen. Bedankt André voor de enthousiaste betrokkenheid op alle fronten, de ontvangst op de kwekerij en het leveren van de materialen voor de proef. De kwekers van potchryasant ook bedankt voor het leveren van materialen en hun betrokkenheid. Ook Arthur van den Berg van Glastuinbouw Nederland als coördinator van de Gewascoöperatie bedankt voor het regelen van de BCO's. Onderzoekscoördinatoren Dennis Medema en Leo Oprel van het programma Kas als Energiebron worden bedankt voor hun steun bij de totstandkoming en uitvoering van dit project.

Sander Hogewoning

Inleiding

Kader duurzame teelt bloeiende potplanten

Voor de glastuinbouw als geheel ligt er een grote uitdaging om duurzamer en op termijn fossielvrij te gaan telen. Tegelijkertijd wordt de afgelopen jaren steeds meer belicht om jaarrond een kwalitatief goed product te kunnen aanbieden. In het kader van de transitie naar een fossielvrije en duurzame glastuinbouw zal het elektraverbruik zoveel mogelijk moeten worden beperkt. Dit vraagt inzet van energiezuinige lichtbronnen (LED), maar ook beperking van het aantal belichtingsuren waar mogelijk.

Het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen moet ook worden beperkt. Plantvorm en generativiteit zijn belangrijke eigenschappen bij bloeiende potplanten zoals kalanchoë, potroos en potchrysan, maar ook perkplanten en snijbloemen (o.a. chrysan). De planten moeten een volle, compacte vorm hebben met veel zijscheuten en knoppen. Onder lage lichtintensiteit in de winter kan het probleem doorwas optreden bij kalanchoë, waarbij de plant niet goed in bloei komt en te veel gaat strekken. Er worden remmiddelen gebruikt die strekking van blad, internodiën, en bloemstengels tegengaan. Dit om een compacte plantvorm te bevorderen. Echter, in de afgelopen jaren zijn sommige van deze middelen verboden en het valt te verwachten dat er steeds meer verboden gaan worden. Op termijn moet het mogelijk worden om met minder groeiremmers een product met een goede kwaliteit te kunnen telen. Hier is in het verleden al meer onderzoek naar gedaan. Een hogere intensiteit belichting, UV-licht, meer blauw licht, en een negatieve DIF (verschil dag-nacht temperatuur) dragen onder andere bij aan een compactere plantvorm (Bergstrand, 2017). Echter, deze methoden zijn niet altijd in overeenstemming met de energiedoelstellingen.

Het is wenselijk als de energiedoelstellingen niet strijdig zijn met de wens om compacte planten te telen. In dit onderzoek trachten we een bijdrage te leveren aan het behalen van beide doelstellingen.

LED-spectrum

Om energiezuinig en met zo min mogelijk remmiddelen te kunnen telen is onderzoek nodig naar de juiste belichtingsstrategie. Licht heeft een grote invloed op plantontwikkeling, vorm en bloei. Met LED-belichting is het mogelijk om het spectrum aan te passen, terwijl het spectrum met traditionele SON-T belichting vastligt. De verschillende lichtkleuren in het spectrum zijn in dit project onderzocht. Dat zijn van korte golflengte naar langere golflengte:

- UV
- Blauw
- Groen
- Rood
- Verrood

Deze lichtkleuren worden hieronder behandeld.

UV-licht

Remming van siergewassen met een hoge lichtintensiteit sluit niet goed aan bij de doelstellingen van Kas als Energiebron. Ook een negatieve DIF is niet wenselijk, immers, het realiseren van warme nachten en koelere dagen is lastig in een fossielvrije kas met belichting. Daarom zijn alternatieven wenselijk. Van UV-licht is bekend dat het planten compact kan houden (Bergstrand, 2017). Er is nog relatief weinig bekend over het effect van verschillende golflengtes van UV en de intensiteit die nodig is. UV licht met een korte golflengte (UV-C) wordt in de praktijk gebruikt voor ontsmetting. Het kan leiden tot compactheid, maar door de hoge energie van deze straling kan ook schade optreden. Pas vrij recent is een UV-B gevoelige fotoreceptor in planten geïdentificeerd (de 'UVR8-fotoreceptor'). Dit geeft aanleiding om het effect van UV-B verder te onderzoeken: wat is de optimale dosis en meest effectieve toepassing? UV-B kan toegediend worden met speciale fluorescente lampen, echter, deze lampen stralen ook uit in het PAR gebied. Dat betekent dat ze niet ingezet kunnen worden tijdens de relatief lange nachtperiode bij korte-dag planten (o.a. Kalanchoë, potchrysan, chrysan, poinsettia), omdat dit de bloeiïnductie verstoort. Verder vindt er een snelle ontwikkeling plaats in UV LED technologie. Al is dit type LED nu nog weinig efficiënt, deze efficiëntie neemt wel toe, en de vereiste UV dosis is waarschijnlijk laag (enige $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ of minder). UV-LED's zouden mogelijk ook in de nacht ingezet kunnen worden zonder verstoring van de bloei van korte-dag planten. Daarnaast is er een energie-neutrale toepassing mogelijk: In kassen met standaard float-glas wordt UV-B vrijwel geheel weggefilterd. Low-ironglas laat wel een aanzienlijk gedeelte van het UV-B in natuurlijk daglicht door. Verdere kennisontwikkeling over de toepassing van UV-B lijkt de moeite waard om op een mogelijk zelfs energie-neutrale manier remmiddelengebruik overbodig te maken. Deze strategie sluit mogelijk beter aan bij de doelstellingen voor de glastuinbouw dan sturen op compactheid met een hoge lichtintensiteit of warme nachten (negatieve DIF).

Blauw licht

Een hoog aandeel blauw licht kan mogelijk planten compact houden. Blauwe LED's zijn relatief minder efficiënt (in μmol PAR output per Watt input) dan rode LED's en daarom moet het aandeel blauw zo klein mogelijk zijn. Hier is onderzocht wat het effect is van verschillende percentages blauw licht in het LED-spectrum op compactheid en plantvorm.

Groen licht

In een LED-armatuur zit tegenwoordig vaak een aandeel witte LED's. Dit zijn in de basis blauwe LED's, welke via een fosfor-coating over een grotere bandbreedte aan golflengtes licht uitstralen, waaronder in het groen. Ook deze LED's zijn relatief minder efficiënt dan rode LED's. Het is voor de werkbaarheid in de kas wel prettig als er een aandeel groen licht is.

Rood licht

Rode LED's zijn het meest efficiënt en rood licht wordt goed benut voor fotosynthese. Het aandeel rood licht moet dus zo hoog mogelijk zijn, mits de plantontwikkeling daar goed bij gaat.

Verrood licht

SON-T straalt rond de 7% verrood licht uit (afhankelijk van het exacte type lamp), maar in een 'standaard' RWB LED-armatuur ontbreekt verrood. Verrood licht draagt veel minder bij aan de fotosynthese dan rood licht, maar vervult een wel belangrijke signaalfunctie. Met name in daglengte-gevoelige soorten zoals kalanchoë speelt het een rol in het waarnemen van daglengte en daarmee bloeiïnductie. Zonder goede bloeiïnductie treedt overmatige strekking op door doorwas. Zonlicht bevat een substantieel aandeel verrood licht, maar in de winter bij korte daglengte en lage lichtsommen, is de dosis verrood beperkt. Eerder was al gebleken dat in winterse omstandigheden kalanchoë veel meer strekt als verrood ontbreekt in de belichting (Hogewoning et al., 2015). In dit project is uitvoerig onderzocht of en hoeveel verrood licht in de belichting nodig is.

Belichtingsduur kalanchoë

Kalanchoë is een korte-dag plant die na enige weken groei bij lange dag geteeld wordt bij een zeer korte dag (10 uur dag, 14 uur nacht) om bloei te induceren. De lange-dag periode duurt ~3 weken en de korte-dag periode ~10 weken. De eerste paar weken van de korte-dag periode is bepalend voor de bloei-inductie in Kalanchoë. Zijn eenmaal de bloemknoppen aangelegd, dan is het wellicht ook niet meer nodig om een KD-periode aan te houden, zodat LD met natuurlijk licht aangehouden kan worden. Betere benutting van natuurlijk daglicht beperkt zo de behoefte aan belichting.

In het project is onderzocht hoeveel weken KD nodig zijn voor voldoende bloeiïnductie. Het bleek dat na een aantal weken KD in de afkweek overgeschakeld kan worden op LD. Vervolgens is het effect van lagere lichtintensiteit onderzocht, en of zonlicht kan worden gebruikt voor de lichtbehoefte. Hier ligt een kans op besparing van elektraverbruik.

Doelstellingen

De hoofddoelstelling is om tot een energiezuinig teeltconcept voor bloeiende potplanten te komen en tevens bij te dragen aan beperking van de noodzaak tot inzet van remmiddelen. Dit is in zeven opeenvolgende proefrondes onderzocht voor Kalanchoë. De effecten van lichtspectrum op groei, bloei en plantvorm zijn uitgebreid onderzocht. Teven zijn de effecten van lichtintensiteit, en van het overgaan van een korte- naar een lange daglengte op verschillende momenten tijdens de teelt, onderzocht. In proefronde 8 is tevens de respons van potchrysaant op verrood- en op UV-licht onderzocht.

1 Proefronde 1 – Intensiteit en spectrum

De hoofdvraag in proefronde 1 was hoe kalanchoë door belichting compact gehouden kan worden wat betreft de internodiën, bloemstelen en bladgrootte. In deze proefronde werden acht verschillende behandelingen onderzocht die verschilden in lichtintensiteit en spectrum. Kunstzonlicht werd vergeleken met LED R/B, er werden twee verschillende percentages blauw licht in het LED-spectrum onderzocht, belichting met stuurlicht en remming door UV-B licht. De proef is gestart 17 maart 2020 in klimaatcellen, dus onafhankelijk van het seizoen.

1.1 Materiaal en Methodes

Dit experiment is uitgevoerd in een klimaatcel van Plant Lighting te Bunnik. Binnen deze klimaatcel staan afzonderlijke klimaatcabines wat het mogelijk maakt om verschillende lichtbehandelingen te realiseren waarbij de overige klimaatcondities identiek zijn (Fig. 1.1).



Figuur 1.1. Overzicht van de klimaatcel waar verschillende lichtbehandelingen worden getest.

1.1.1 Behandelingen

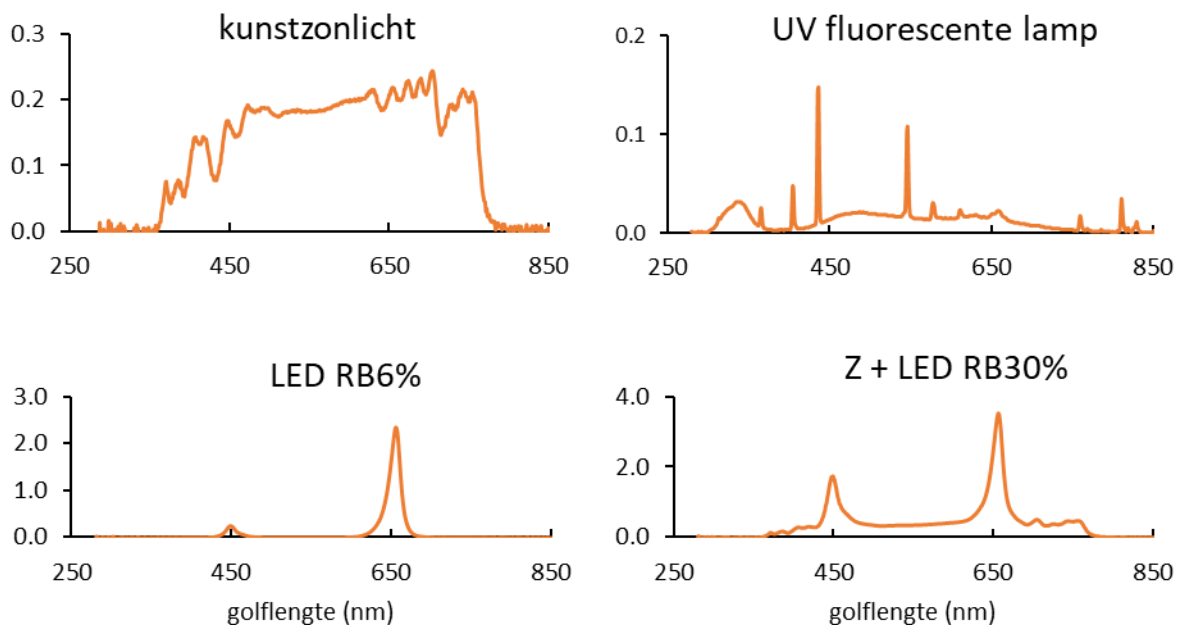
De lichtbehandelingen zijn onderverdeeld in vier behandelingen met een lage lichtsom en vier behandelingen met een hoge lichtsom (Tabel 1.1 en 1.2). Deze lichtsom was 3.7 of 7.3 mol/m²/dag tijdens de korte-dag periode. Het spectrum was puur LED rood/blauw of kunstzonlicht in de hoge of lage intensiteit. Daarnaast werd in combinatie met laag zonlicht een behandeling met stuurlicht gedurende de laatste 3 uur van de lichtperiode gegeven en

een behandeling met UV. Het stuurlicht bevatte 94% rood en 6% blauw LED-licht. De behandeling met stuurlicht verhoogde de lichtsom van 3.7 naar 4.8 mol/m²/dag. Twee andere hoog-licht behandelingen waren een combinatie van laag zonlicht met bijbelichting met LED rood/blauw met een laag percentage blauw van 6% of een hoog percentage blauw van 30%. De spectra van de gebruikte lampen staan weergegeven in Figuur 1.2.

Tabel 1.1. Behandelingen proefronde 1. Omdat de intensiteit van het (kunstmatige) zonlicht gedurende het eerste en laatste anderhalf uur van de dag lager was dan midden op de dag (simulatie zonsopkomst en ondergang) is de maximale intensiteit zon hoger dan de maximale intensiteit RB met behoud van dezelfde lichtsom.

| Code | Behandeling | Max. intensiteit ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) | | Lichtsom ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$) |
|-----------|----------------------------------|---|-----|--|
| | | Z | RB | |
| L-RB | Laag LED RB (6%B) | 0 | 120 | 3.7 |
| L-Z | Laag zonlicht | 120 | 0 | 3.7 |
| L-Z+R | Laag zonlicht + 3u LED RB (6%B) | 120 | 102 | 4.8 |
| L-Z+UV | Laag zonlicht + UV | 120 | 0 | 3.7 |
| H-Z+RB6% | Hoog - combi zon & LED RB (6%B) | 120 | 102 | 7.3 |
| H-Z+RB30% | Hoog - combi zon & LED RB (30%B) | 120 | 102 | 7.3 |
| H-Z | Hoog zonlicht | 240 | 0 | 7.3 |
| H-RB | Hoog LED RB (6%B) | 0 | 240 | 7.3 |

L, lage lichtsom; H, hoge lichtsom; Z, kunstzonlicht; R, rood LED licht; B, blauw LED licht.



Figuur 1.2. Spectrale samenstelling van gebruikte lampen kunstzonlicht, UV fluorescente lamp en LED RB6% en de combinatie kunstzon (Z) en LED RB30%.

De UV fluorescente lampen samen met de zonlichtlamp gaven een UV-B (280-320 nm) intensiteit van 0.96 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ en een UV-A (320-400 nm) intensiteit van 10.5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Het eerste en laatste anderhalf uur van de lichtperiode werd de helft van de lichtintensiteit belicht (Tabel 1.2). In het geval van een combinatie met laag zonlicht werd de intensiteit van het zonlicht gehalveerd maar de bijbelichting werd voor de volle intensiteit gegeven. UV bijbelichting startte een kwartier voor de lichtperiode en ging door tot een kwartier na het eind van de lichtperiode.

Tabel 1.2. Tijd en intensiteit belichting van zonlicht (Z) en bijbelichting.

| Code | 00:45-1:00* | 1:00-7:00 LD | 7:00-8:30 | 8:30-15:30 | 15:30-17:00 | 17:00-17:15 |
|-----------|-------------|--------------------------|---|--|---|-------------|
| L-RB | | 60 μmol RB6% | 60 μmol RB6% | 120 μmol RB6% | 60 μmol RB6% | |
| L-Z | | 60 μmol Z | 60 μmol Z | 120 μmol Z | 60 μmol Z | |
| L-Z+R | | 60 μmol RB6% | 60 μmol Z | 120 μmol Z + 102 μmol RB6% van 14:00-17:00 | 60 μmol Z | |
| L-Z+UV | UV** | 60 μmol Z+UV | 60 μmol Z + UV | 120 μmol Z + UV | 60 μmol Z + UV | UV |
| H-Z+RB6% | | 60 μmol RB6% | 60 μmol Z + 102 μmol RB6% | 120 μmol Z + 102 μmol RB6% | 60 μmol Z + 102 μmol RB6% | |
| H-Z+RB30% | | 60 μmol RB30% | 60 μmol Z + 102 μmol RB30% | 120 μmol Z + 102 μmol RB30% | 60 μmol Z + 102 μmol RB30% | |
| H-Z | | 60 μmol Z | 120 μmol Z | 240 μmol Z | 120 μmol Z | |
| H-RB | | 60 μmol RB6% | 120 μmol RB6% | 240 μmol RB6% | 120 μmol RB6% | |

LD, lange dag.

*In de korte dag werd UV ook een kwartier voor de lichtperiode aangezet maar dan van 06:45-07:00.

**UV intensiteit: UV-B (280-320 nm) intensiteit van 0.96 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ en UV-A (320-400 nm) intensiteit van 10.5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.

1.1.2 Plantmateriaal

Drie kalanchoë cultivars zijn uitgekozen op grond van hun verschillende morfologische eigenschappen. Stekken werden geleverd door de hieronder genoemde bedrijven.

- Perfecta Red II (Kwekerij Lankhaar), makkelijke strekker van bloemstelen
- Don Cedro (KP Holland), makkelijke strekker van vegetatieve internodiën
- Don Amador (KP Holland), cultivar met grof blad

1.1.3 Groeicondities

Stekken zijn gestoken in 12-cm potten gevuld met een mengsel van potgrond, klei en perlite en verzadigd met voedingsoplossing EC 2.8 mS/cm en pH 5.6 (materialen geleverd door Kwekerij Lankhaar). De dichtheid was 83 planten/ m^2 . De planten zijn 3 weken onder lange

dag (LD) opgekweekt met een lichtperiode van 16 uur, waarbij de verschillende lichtbehandelingen vanaf het begin zijn toegepast. Daarna zijn de planten verder opgekweekt onder korte dag (KD) met een fotoperiode van 10 uur. De temperatuur was gemiddeld 20.7°C met een +DIF van 1°C en de relatieve luchtvochtigheid was 68%. CO₂ is continu dag en nacht gedoseerd op 600 ppm. Bewatering was wekelijks tot tweemaal per week naar behoefte via eb en vloed met de bovengenoemde voedingsoplossing. Vanaf 11 weken na stek steken is de EC verlaagd naar 2.3 mS/cm. Tijdens de teelt zijn geen remmiddelen gebruikt. Na 2 weken KD zijn de meest uniforme planten uitgezocht en is de dichtheid verlaagd naar 45 planten/m².

Onder de UV-behandeling trad meeldauw op in Perfecta Red II waarvoor enkele keren gespoten is met fungicide.

1.1.4 Metingen

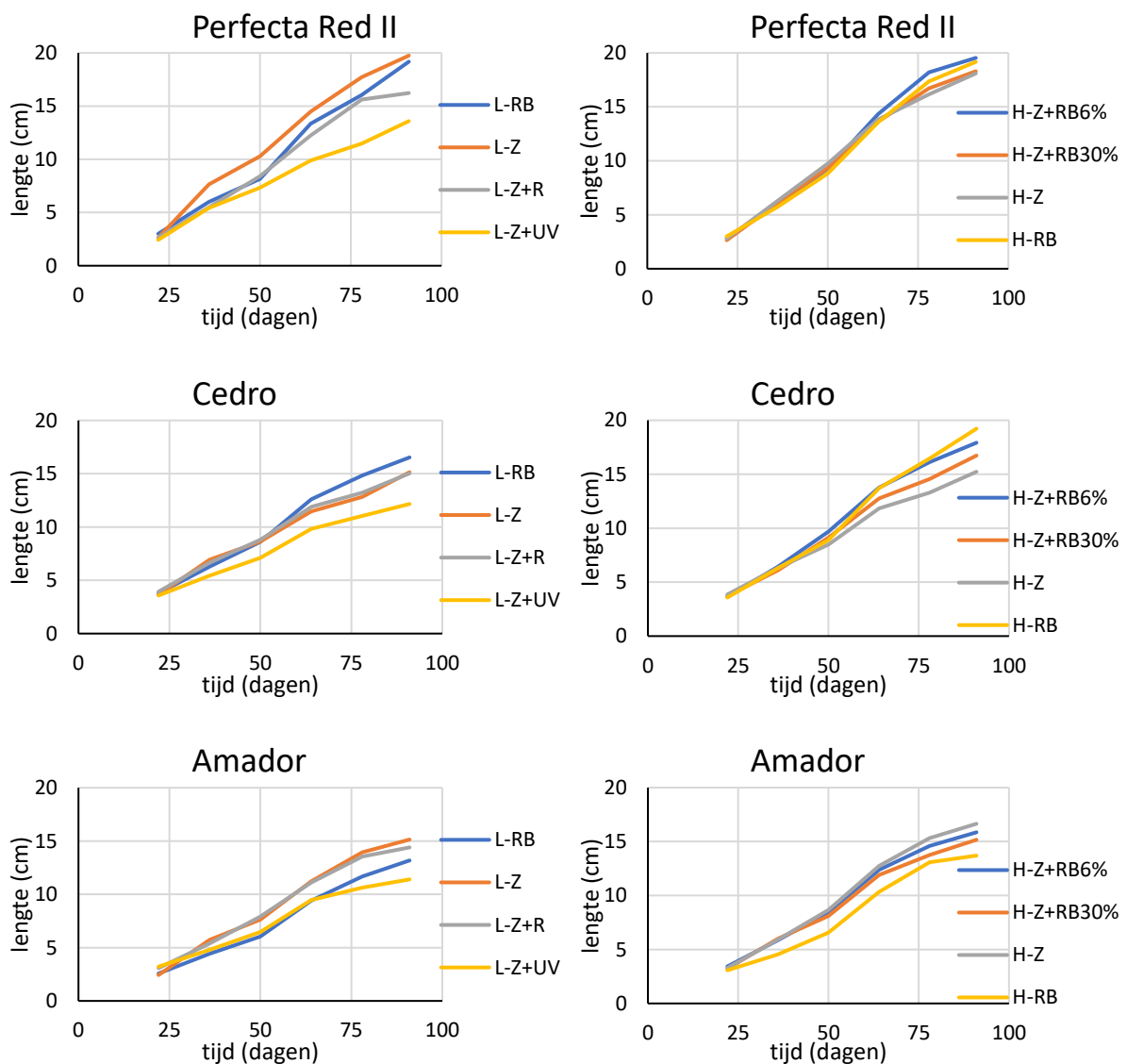
Iedere drie weken werd de lengte gemeten vanaf de grond tot de apex op een halve centimeter nauwkeurig. Na 9 weken KD is breedte gemeten van het eerste volgroeide blad van bovenaf.

Rijpe planten werden geoogst na een periode van tussen 10 en 11 weken KD. Bloei was verder gevorderd bij eindooft in Cedro en Amador met gemiddeld 10-12 open bloemen per plant, dan in Perfecta met twee open bloemen. Het aantal open bloemen is geteld en het aantal zij scheuten. Het versgewicht is bepaald van de bloemknoppen en van de hele spruit (alle bovengrondse delen). Metingen werden verricht aan 10 planten per ras per behandeling. Verschillen tussen behandelingen zijn per ras geanalyseerd met ANOVA gevolgd door Tukey test in R (R Core Team, 2013) met package agricolae.

Kwekers is gevraagd een rapportcijfer te geven van 0-10 van een representatieve plant en aan te geven of deze verkoopbaar is of niet. De respons van 11 kwekers is weergegeven in de resultaten.

1.2 Resultaten

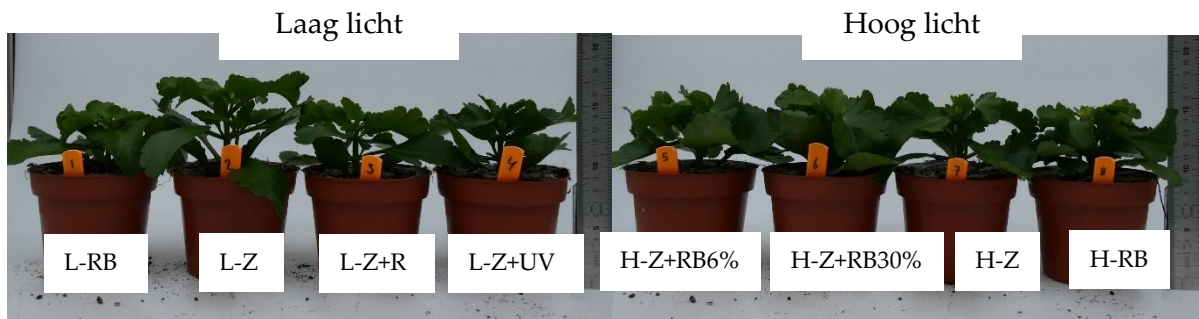
1.2.1 Lengtegroei



Figuur 1.3. Lengte over de tijd bij verschillende spectra met laag licht (L) of hoog licht (H). Lengte werd gemeten vanaf de grond tot de apex van de plant. Data zijn gemiddelden van 10 planten per tijdpoint. Variatie is niet weergegeven ten bate van de leesbaarheid van de grafieken. R, rood; B, blauw; Z, kunstzonlicht.

In alle drie de rassen bleef de lengte achter in de behandeling laag zonlicht met UV (L-Z+UV; Fig. 1.3). In Perfecta Red II was deze remming van de groei relatief het sterkst. In dit ras trad ook meeldauw op in deze behandeling, mogelijk ten gevolge van stress bij deze hoge dosis UV.

Laag zonlicht leidde al na 2 weken KD tot grotere plantlengte bij Perfecta Red II. Terwijl planten uit alle andere behandelingen een vergelijkbare lengte hadden, staken de planten onder laag zonlicht er boven uit (Fig. 1.4).



Figuur 1.4. Perfecta Red II na 2 weken KD. Internodiën van planten in behandeling 2 laag zonlicht zijn meer gestrekt dan andere behandelingen. Ook een puls van 3u rood licht per dag (behandeling 3) remde deze lengtegroei af.

Bij verkooprijpheid was nog steeds goed te zien hoe de onderste internodiën meer gestrekt waren dan in andere behandelingen. Deze behandeling illustreert dat onder winterse omstandigheden zonder belichting en zonder remmiddelen de plantvorm zou mislukken.

Bij Cedro vond onder puur rood/blauw licht doorwas plaats en werden de planten het langst, zowel onder lage als hoge lichtintensiteit (L-RB en H-RB). De behandelingen met puur rood/blauw licht zorgden in Amador wel voor remming van de lengtegroei (Fig. 1.3).

Bij een hoog percentage blauw in de LED-belichting (H-Z+RB30%) waren de planten in alle rassen iets korter dan met het gangbare lage percentage (6%) blauw (H-Z+RB6%; Fig. 1.3).

1.2.2 Plantvorm na 6 weken korte dag



Figuur 1.5. *Perfecta Red II* na 6 weken korte dag.

Na 6 weken KD waren in alle planten knoppen te zien. Planten van *Perfecta Red II* in laag zonlicht (L-Z) hadden langere internodiën en daardoor een open plantvorm (Fig. 1.5). De planten onder de UV-B behandeling hadden donkerder blad, waren kleiner en hadden minder zichtbare knoppen dan de andere planten. In het algemeen hadden planten van alle behandelingen met hoog licht een veel vollere vorm door meer zij scheuten en gewicht dan de laag-licht behandelde planten. Compactheid bleek niet goed weergegeven te worden door lengte alleen. De hoog-licht planten hadden duidelijk een betere vorm maar waren niet korter dan de laag-licht planten. Bij de eindogst is een visuele beoordeling door de kwekers gedaan om plantvorm en kwaliteit te bepalen.

In *Cedro* was na 6 weken KD doorwas te zien in de puur rood/blauw behandelingen (Fig. 1.6). De bloemknopjes waren in deze behandeling klein en spichtig en het schutblad te groot. Net als bij *Perfecta* hadden de UV-B behandelde planten (L-Z+UV) donkerder blad en waren planten in hoog licht (H) over het algemeen groter en voller, met een betere plantvorm, dan in laag licht (L).



Figuur 1.6. Cedro na 6 weken KD met uitvergroting van kop van de plant uit behandeling H-RB met doorwas.

In Amador waren verschillen tussen behandelingen minder sterk dan in de andere twee rassen. Planten met rood/blauw licht bleven beduidend kleiner (Fig. 1.7).

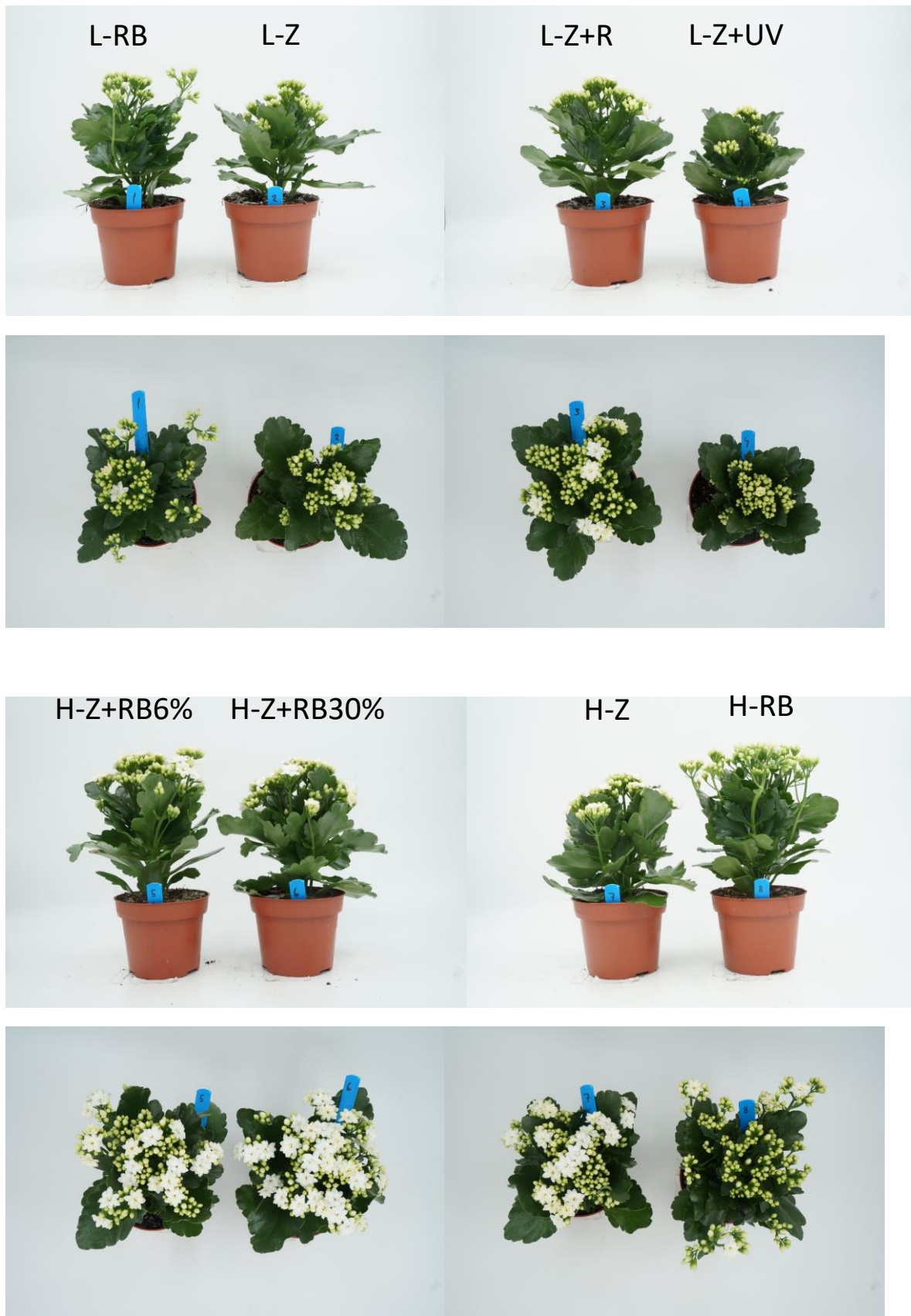


Figuur 1.7. Amador na 6 weken KD.

1.2.3 Eindooft



Figuur 1.8. Perfecta Red II bij eindooft na 10 weken KD.



Figuur 1.9. Cedro bij eindooft na 10 weken KD.



Figuur 1.10. Amador bij eind oogst na 10 weken KD.

Onder rood/blauw waren de bloemstelen meer gestrekt in alle rassen, zowel bij laag licht als bij hoog licht (Fig. 1.8-1.10). Bij Amador in H-RB viel dat mee. In Cedro werden in de RB-behandelingen uiteindelijk wel normale bloemen gevormd na de initiële doorwas, maar de bloei was wel vertraagd (Fig. 1.9).

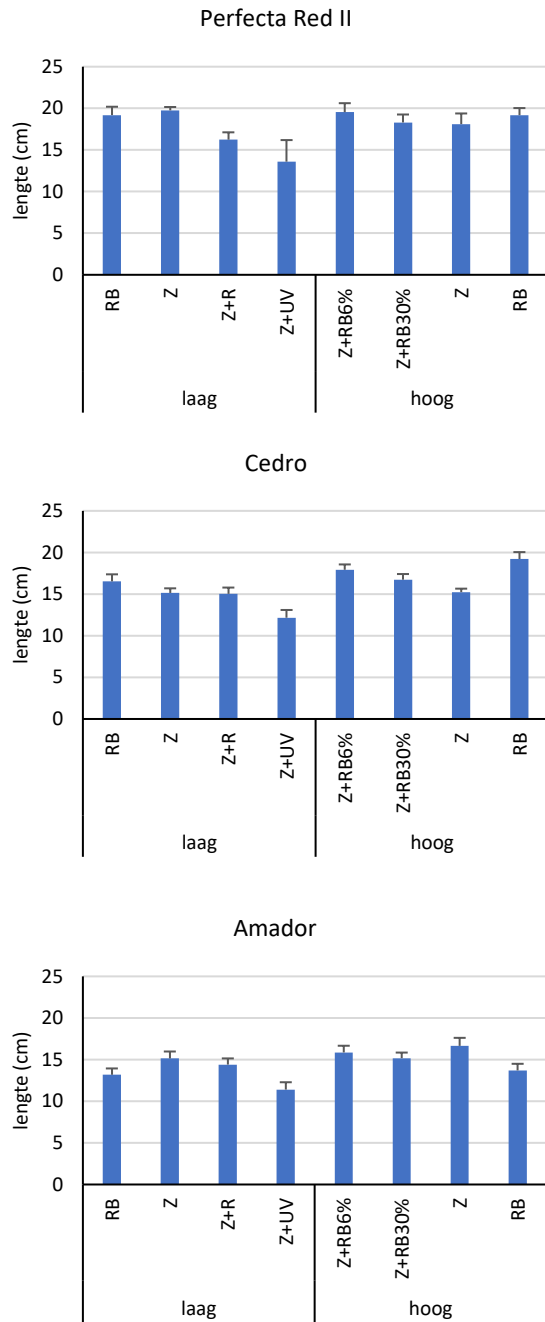
UV-B remde de plantgroei sterk in dit experiment. Bladeren, stengels en bloemschermen waren kleiner. Wat verder opviel was dat bij Perfecta Red II (Fig. 1.8) en Amador (Fig. 1.9) de bloemknoppen die nog niet open waren al wel sterk donkerrood kleurden.

De 3 uur durende puls rood stuurlicht aan het eind van de dag (L-Z+R) had een redelijk sterk effect: Perfecta bleef compacter dan bij laag zonlicht en bij alle rassen was het bloemscherm voller, al bleven deze planten nog steeds achter bij hoog-licht planten. Hierbij wel opgemerkt dat in de L-Z+R behandeling de lichtsom met 4.8 mol/m²/dag 30% hoger was dan in de andere laag-licht behandelingen (3.7 mol/m²/dag). In de hoog-licht behandelingen (7.3 mol/m²/dag) waren de planten groter, met een voller bloemscherm, dan in de laag-licht behandelingen. Bij laag percentage blauw (H-Z+RB6%) waren de bloemschermen meer ongelijk ten opzichte van het hoge percentage blauw (H-Z+RB30%) in Cedro. Sommige trosjes staken aan de zijkant boven de middelste bloemtros uit bij 6% blauw, terwijl dit niet zo was bij 30% blauw.

Het oogstmoment verschilde tussen rassen en behandelingen, afhankelijk van het aantal open bloemen (Tabel 1.3). Per behandeling werden van een ras wel alle planten op dezelfde dag geoogst en gemeten. Perfecta was trager met bloei dan de andere twee rassen en had na 14 weken nog geen twee open bloemen per plant gemiddeld in de behandelingen laag RB en laag Z. Onder hoog licht waren planten ongeveer een week eerder rijp dan onder laag licht.

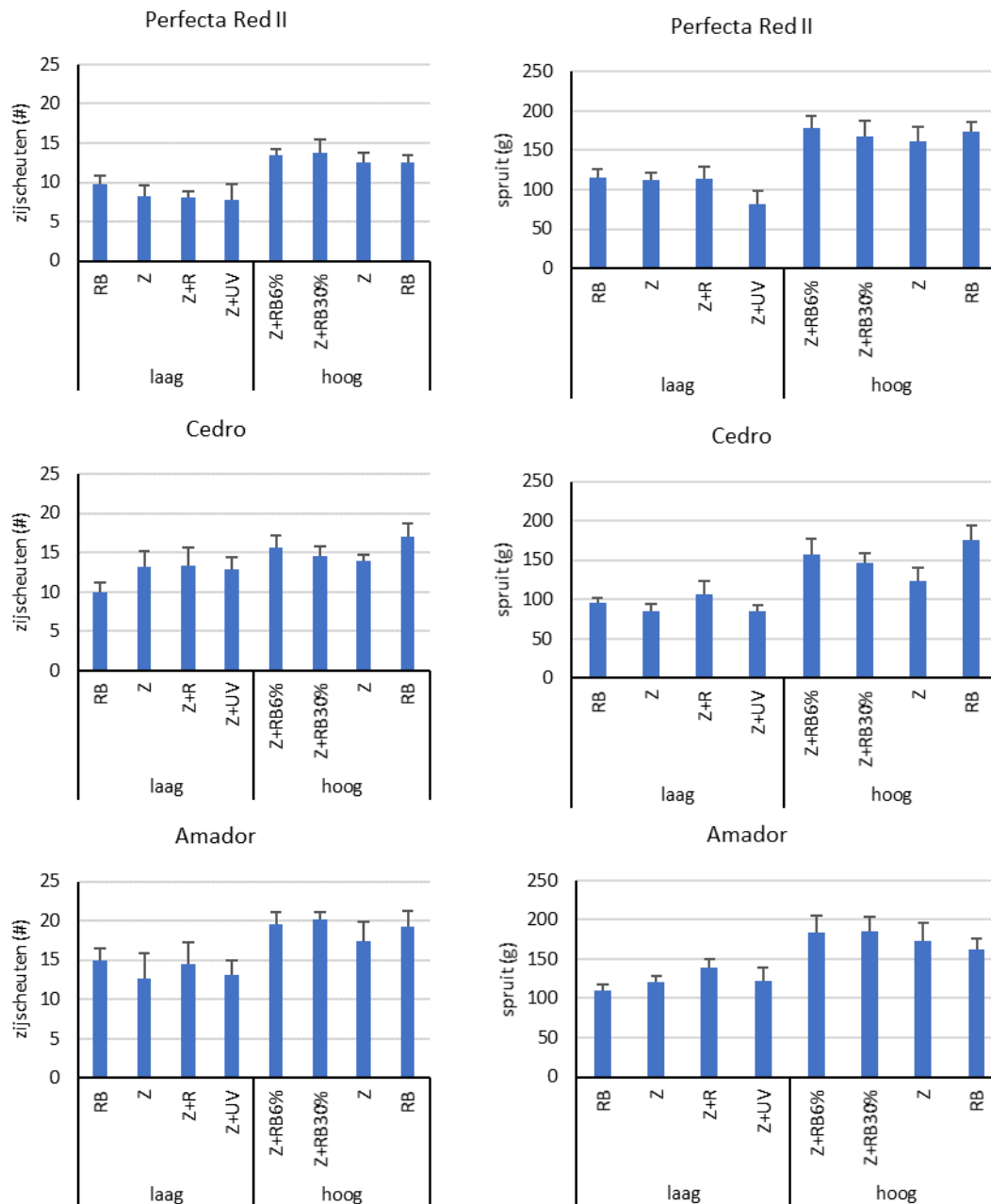
Tabel 1.3. Tijd (weken na stek steken) tot minimaal gemiddeld 2 open bloemen per plant

| behandeling | | Perfecta Red II | Cedro | Amador |
|-------------|-----------|-----------------|-------|--------|
| laag | L-RB | >14.0 | 13.9 | 13.9 |
| | L-Z | >14.0 | 13.4 | 13.4 |
| | L-Z+R | 14.0 | 13.0 | 13.9 |
| | L-Z+UV | 14.0 | 13.9 | 13.9 |
| hoog | H-Z+RB6% | >13.0 | 13.0 | 13.0 |
| | H-Z+RB30% | >13.0 | 13.0 | 13.0 |
| | H-Z | >13.0 | 13.0 | 13.0 |
| | H-RB | 13.4 | 13.0 | 13.0 |
| | Z+RB30% | >13.0 | 13.0 | 13.0 |



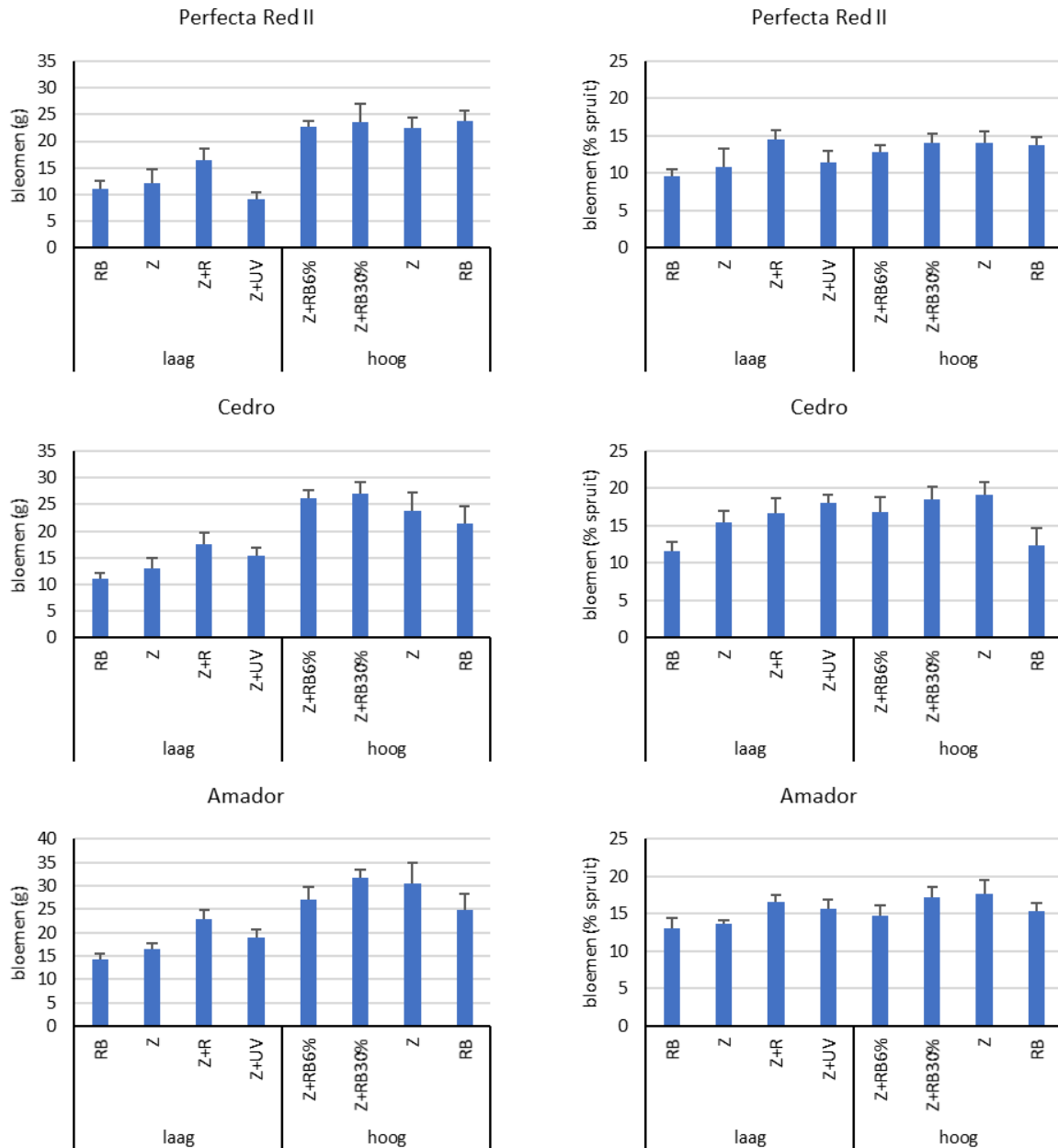
Figuur 1.11. Lengte zonder pot bij eindoogst bij verschillende spectra met laag licht of hoog licht. Gemiddelden van 10 planten met standaarddeviatie. R, rood; B, blauw; Z, kunstzonlicht.

De lengte bij eindoogst was met name geremd in de UV-behandeling in alle rassen (Fig. 1.11). Bij Perfecta zorgde ook het rode stuurlicht (L-Z+R) voor kortere planten. In Cedro was een relatief grotere lengte te zien in de hoog-RB behandeling (zonder zonlicht) ten opzichte van hoog kunstzonlicht. Onder lage lichtintensiteit was dit verschil kleiner. In Amador had RB juist een remmend effect op de lengte ten opzichte van het kunstzonlicht.



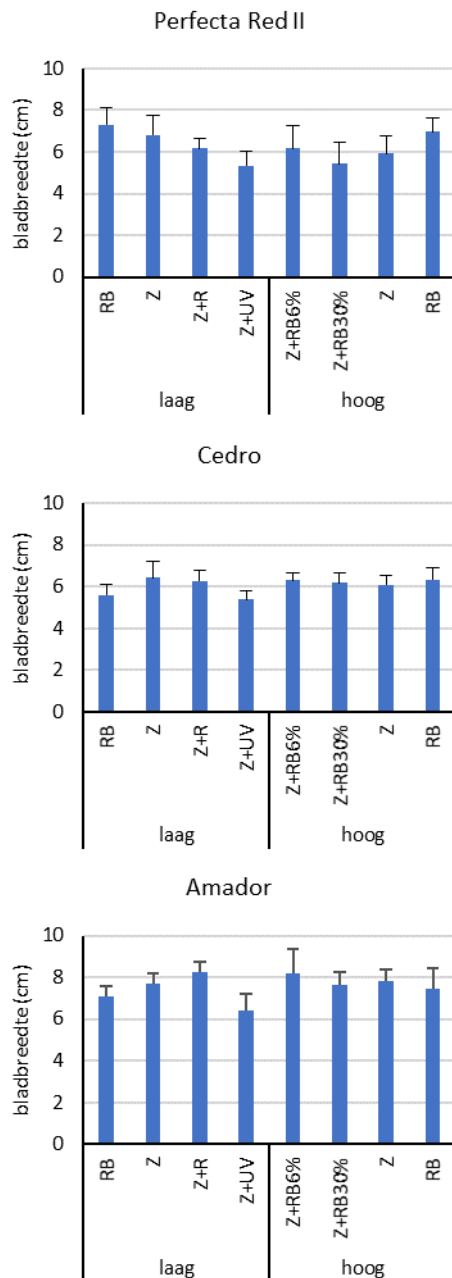
Figuur 1.12. Aantal zijscheuten en spruitgewicht bij eindooft bij verschillende spectra met laag licht of hoog licht. Gemiddelden van 10 planten met standaarddeviatie. R, rood; B, blauw; Z, kunstzonlicht.

Hoog licht gaf meer zijscheuten en een hoger spruitgewicht dan laag licht in alle rassen (Fig. 1.12). Het bloemgewicht (alle knopjes en bloemen) was ook hoger in hoog licht in alle rassen (Fig. 1.13). Cedro maakte de meeste zijscheuten in H-RB maar vormde geen mooi gelijk bloem scherm (doorwas). In laag licht leidde de rood licht puls (L-Z+R) ook tot een hoger bloemgewicht ten opzichte van alleen laag zonlicht (L-Z), maar het verschil in lichtsom tussen die behandelingen was ook 30%. Als percentage van de spruit bleven de bloemgewichten met name achter in L-RB en bij Cedro ook in H-RB waar sprake was van doorwas (Fig. 1.13).



Figuur 1.13. Bloemgewicht in gram (links) en als percentage van het spruitgewicht (rechts) bij eind oogst. Gemiddelden van 10 planten met standaarddeviatie.

De breedte van het eerste volgroeide blad van bovenaf is gemeten na 9 weken KD. Hier was te zien dat met name in Amador de behandeling met UV (L-Z+UV) leidde tot een smaller blad (Fig. 1.14). Dit ras was gekozen vanwege de bladgrofheid. In Cedro en Perfecta waren de bladeren ook het smalst in deze behandeling.



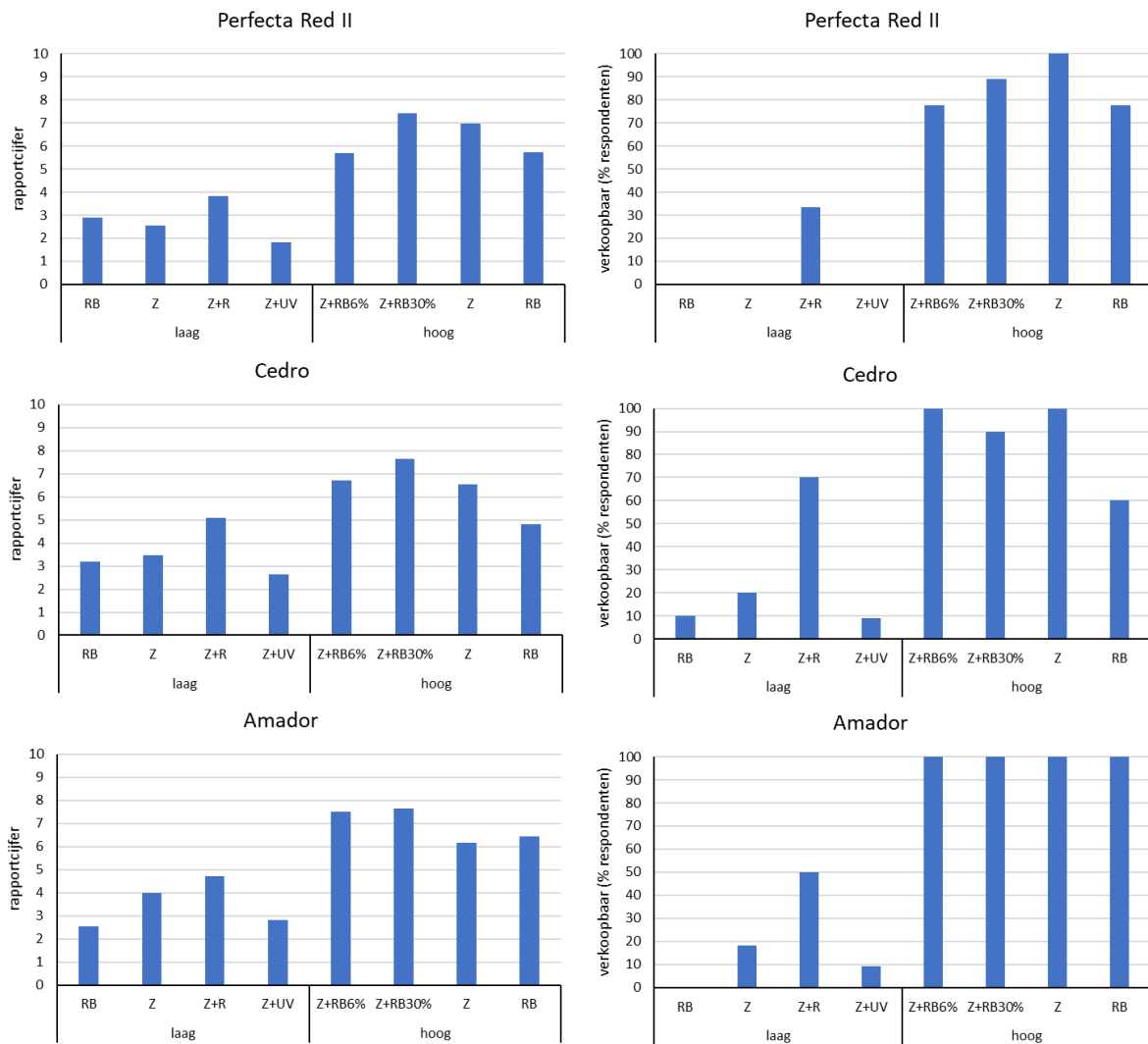
Figuur 1.14. Breedte van het eerste volgroeide blad van bovenaf na 9 weken KD. Gemiddelden van 10 planten met standaarddeviatie.

De behandeling had een statistisch significant effect op alle bovengenoemde parameters (ANOVA; $P < 0.05$). Details zijn weergegeven in Tabel 1.4 en 1.5.

1.2.4 Beoordeling kwekers

Bij een bezoek van de gewascoöperatie aan Kwekerij Lankhaar op 17 juni 2020 zijn representatieve planten meegenomen en beoordeeld door de kwekers (Fig. 1.15). Laag-licht

behandelde planten kregen een onvoldoende en werden grotendeels niet verkoopbaar geacht. De UV-behandeling (L-Z+R) werd als te compact beoordeeld, wat aangeeft dat een lagere dosis UV dan toegepast in deze proef kansen biedt. Onder hoog licht was het beste rapportcijfer (gemiddeld 7.5) voor de behandeling zonlicht met LED rood en hoog blauw belichting (H-Z+RB30%) in alle rassen. Deze werden 90-100% verkoopbaar beoordeeld. Hoog RB (zonder zonlicht) werd lager beoordeeld en minder vaak verkoopbaar geacht in Perfecta RED II en Cedro dan hoog zonlicht of hoog zonlicht + RB30%. Amador werd voor alle hooglicht behandelingen als verkoopbaar beoordeeld door alle kwekers.



Figuur 1.15. Beoordelingen door kwekers na 10 weken KD. Links, gemiddeld rapportcijfer en rechts, het percentage respondenten dat de planten verkoopbaar acht. Gemiddelde van 11 scores.

Tabel 1.4. Statistische analyse van parameters bepaald bij de eind oogst van experiment 1. Per ras zijn verschillen tussen behandelingen getoetst. Binnen een kolom zijn waarden gevolgd door dezelfde letter niet significant verschillend van elkaar (Tukey test; $\alpha=0.05$). Data zijn gemiddelden van 10 planten.

Perfecta Red II

| Behandeling | # open bloemen | # zijscheuten | FW bloemen (g) | lengte (cm) | FW spruit totaal (g) | % bloemgewicht |
|-------------|----------------|---------------|----------------|-------------|----------------------|----------------|
| L-RB | 1.7 ab | 9.7 b | 11.0 bc | 19.2 ab | 116 b | 9.6 d |
| L-Z | 1.0 ab | 8.3 b | 12.1 bc | 19.8 a | 112 b | 10.9 cd |
| L-Z+R | 3.8 a | 8.1 b | 16.4 b | 16.2 bc | 114 b | 14.5 a |
| L-Z+UV | 3.9 a | 7.8 b | 9.1 c | 13.6 c | 81 b | 11.4 bcd |
| H-Z+RB6% | 0.2 b | 13.4 a | 22.7 a | 19.5 a | 178 a | 12.8 abc |
| H-Z+RB30% | 1.5 ab | 13.8 a | 23.6 a | 18.3 ab | 167 a | 14.1 a |
| H-Z | 1.6 ab | 12.6 a | 22.5 a | 18.1 ab | 162 a | 14.0 a |
| H-RB | 4.4 a | 12.6 a | 23.8 a | 19.2 ab | 173 a | 13.8 ab |

Cedro

| Behandeling | # open bloemen | # zijscheuten | FW bloemen (g) | lengte (cm) | FW spruit totaal (g) | % bloemgewicht |
|-------------|----------------|---------------|----------------|-------------|----------------------|----------------|
| L-RB | 8.9 abc | 9.9 d | 11.1 d | 16.5 abc | 95 cd | 11.7 b |
| L-Z | 6.0 bc | 13.1 bc | 13.1 cd | 15.1 c | 85 d | 15.5 ab |
| L-Z+R | 3.8 c | 13.3 bc | 17.6 bc | 15.0 c | 106 cd | 16.8 a |
| L-Z+UV | 7.9 abc | 12.8 c | 15.4 cd | 12.2 d | 85 d | 18.1 a |
| H-Z+RB6% | 9.0 abc | 15.6 ab | 26.1 a | 17.9 ab | 157 ab | 16.8 a |
| H-Z+RB30% | 17.1 a | 14.5 abc | 27.0 a | 16.7 abc | 146 ab | 18.6 a |
| H-Z | 14.8 ab | 13.9 bc | 23.7 a | 15.2 bc | 124 bc | 19.2 a |
| H-RB | 11.0 abc | 17.0 a | 21.4 ab | 19.2 a | 176 a | 12.3 b |

Amador

| Behandeling | # open bloemen | # zijscheuten | FW bloemen (g) | lengte (cm) | FW spruit totaal (g) | % bloemgewicht |
|-------------|----------------|---------------|----------------|-------------|----------------------|----------------|
| L-RB | 11.4 ab | 14.9 bc | 14.3 e | 13.2 cd | 109 c | 13.1 d |
| L-Z | 9.2 ab | 12.7 c | 16.5 e | 15.1 abc | 121 c | 13.7 cd |
| L-Z+R | 16.4 a | 14.4 bc | 23.0 cd | 14.4 abc | 139 bc | 16.5 ab |
| L-Z+UV | 15.6 a | 13.1 c | 19.0 de | 11.4 d | 122 c | 15.6 abc |
| H-Z+RB6% | 5.3 b | 19.6 a | 27.2 abc | 15.9 ab | 184 a | 14.8 bcd |
| H-Z+RB30% | 12.5 ab | 20.1 a | 31.6 a | 15.2 abc | 186 a | 17.1 ab |
| H-Z | 16.3 a | 17.4 ab | 30.6 ab | 16.7 a | 173 a | 17.7 a |
| H-RB | 9.0 ab | 19.2 a | 24.9 bcd | 13.7 bcd | 162 ab | 15.4 bcd |

Tabel 1.5. Statistische analyse van bladbreedte na 9 weken KD van experiment 1. Per ras zijn verschillen tussen behandelingen getoetst. Binnen een kolom zijn waarden gevolgd door dezelfde letter niet significant verschillend van elkaar (Tukey test; $P < 0.05$). Data zijn gemiddelden van 10 planten.

Perfecta Red II

| Behandeling | breedte (cm) |
|-------------|--------------|
| L-RB | 7.3 a |
| L-Z | 6.8 ab |
| L-Z+R | 6.2 abc |
| L-Z+UV | 5.3 c |
| H-Z+RB6% | 6.2 abc |
| H-Z+RB30% | 5.4 bc |
| H-Z | 5.9 abc |
| H-RB | 7.0 a |

Cedro

| Behandeling | breedte (cm) |
|-------------|--------------|
| L-RB | 5.6 ab |
| L-Z | 6.4 a |
| L-Z+R | 6.3 a |
| L-Z+UV | 5.4 b |
| H-Z+RB6% | 6.3 a |
| H-Z+RB30% | 6.2 ab |
| H-Z | 6.1 ab |
| H-RB | 6.3 a |

Amador

| Behandeling | breedte (cm) |
|-------------|--------------|
| L-RB | 7.1 ab |
| L-Z | 7.7 a |
| L-Z+R | 8.2 a |
| L-Z+UV | 6.4 b |
| H-Z+RB6% | 8.2 a |
| H-Z+RB30% | 7.6 ab |
| H-Z | 7.8 a |
| H-RB | 7.5 ab |

1.3 Discussie en Conclusies

Er zijn verschillende methodes onderzocht om strekking te reduceren: UV /lichtspectrum /lichtsom /lichtspectrum op bepaald moment (rood stuurlicht). De effecten hiervan worden hieronder besproken voor internodiën, bloemstelen en bladstrekking.

1.3.1 Strecking van de vegetatieve internodiën

De lichtintensiteit en het spectrum beïnvloedden deze strekking. Het meest opvallend was de sterke strekking door Perfecta onder laag zonlicht. Dit effect werd gemeten 36 dagen (5 weken) na stek steken. De eerste drie weken van die periode waren onder lange dag. Ook in die periode lijkt belichting dus al van belang. Tijdens de allereerste fase van de lange dag, wanneer de stek nog callus en wortels moet vormen, geldt dat waarschijnlijk nog niet, maar daarna wel.

De plantlengte bij de eindbeoordeling bleek geen goede maat voor de compactheid van de plantvorm. Planten bij hoog licht waren namelijk het langst, maar hadden wel een veel vollere vorm met meer zij scheuten en grotere bloemschermen.

Het effect van UV-B op lengte was onmiskenbaar, hier werd een duidelijke remming gezien. Nu was deze dosis vrij hoog: 1.0 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ UV-B (280-320 nm) en 10.9 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ UV totaal (300-400 nm, grotendeels UV-A), 10.5u per dag toegediend. Het schadelijke UV-C (<280 nm) is niet gebruikt. Deze resultaten bieden wel perspectief, want met een kortere duur of lagere intensiteit kan UV-B als niet-chemisch remmiddel worden ingezet. Daar is nog een grote speelruimte voor, want het zou ook voor enige uren of bij lagere intensiteit gebruikt kunnen worden. In het geval van UV-C is die speelruimte zeer beperkt, want binnen korte tijd is er al schade aan de plant en is de dosis dus snel te hoog. UV-B wordt waargenomen door de fotoreceptor UVR8. Signalering via de route van UVR8 die leidt tot veranderingen in gen-expressie vindt plaats vanaf een intensiteit van 0.1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ UV-B (Brown and Jenkins, 2008). Daarnaast heeft UV-B ook effecten op gen-expressie vanaf 1.0 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ via een fysiologische route die onafhankelijk is van UVR8. De vragen die openstaan in het kader van remming van strekking van kalanchoë door UV zijn in welke mate UV-A en/of UV-B betrokken zijn, bij welke golflengtes remming meest effectief is, en wat de optimale dosis is.

Verder was het effect van 3 uur rood licht aan het einde van de dag opvallend bij Perfecta Red II: de forse strekking bij laag zonlicht alleen (L-Z) werd sterk gereduceerd door de 3 uur rood licht behandeling (L-Z+R). Bij de andere twee rassen was geen sprake van de extreme strekking onder de laag zonlicht behandeling zoals gedurende het begin van de teelt gezien is bij Perfecta Red (Fig. 1.3 en 1.4).

Concluderend is belichting van voldoende intensiteit noodzakelijk om ongewenste strekking van de vegetatieve internodiën te voorkomen en een voldoende volle plant te kunnen kweken onder winterse omstandigheden. In dit experiment was 102 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ rood/30% blauw LED-belichting effectief bij een achtergrond van 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ zonlicht. De lichtsom van het zonlicht was 3.67 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{dag}$ en daar kwam eenzelfde hoeveelheid assimilatielicht bij (dus 7.3 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{dag}$ licht).

1.3.2 Strecking van de bloemstelen

Hier bleek het lichtspectrum een groot effect te hebben. Onder puur rood/blauw licht zonder daglicht was er een sterke strekking van de bloemstelen met een compleet ongewenste plantvorm als resultaat bij Perfecta Red II en Cedro. De bloei werd vertraagd en duidelijke doorwas trad op in Cedro. In natuurlijk daglicht (en in het hier gebruikte kunstzonlicht) is er een bijna even groot aandeel verrood licht als rood licht. Dit ontbrak volledig in het kunstmatige RB-spectrum met dus een ongewenste plantvorm tot gevolg. Verrood licht wordt minder efficiënt door de plant benut voor fotosynthese dan rood licht, maar heeft wel een belangrijke signaalfunctie, onder andere in bloeisturing.

In een 'standaard' LED-module voor de tuinbouw is ca 6% blauw en 94% rood, al dan niet met een toevoeging van enige procenten groen licht door gebruik van witte LED's, gangbaar. Als deze belichting gebruikt wordt bij kalanchoë onder winterse omstandigheden, dan wordt er in ieder geval in de hier gebruikte rassen een ongelijk bloemscherf gevormd.

Een veel hoger percentage blauw licht (30%) gaf een gelijk bloemscherf dan 6% blauw, met name in Cedro. Zowel Cedro als Perfecta werden beter beoordeeld door kwekers wanneer het hogere percentage blauw werd gebruikt. De vraag is hoe kalanchoë reageert op tussenliggende percentage blauw licht (zie volgend hoofdstuk).

Concluderend is verrood in het spectrum essentieel om bij daarvoor gevoelige rassen doorwas te voorkomen en is een hoger percentage blauw dan de standaard 6% wenselijk om ongewenste strekking van bloemstelen te voorkomen. Remmiddelen worden toegepast en er wordt veredeld op korte bloemstelen. Naar aanleiding van dit experiment kan wel gesteld worden dat lichtspectrum ook een forse bijdrage aan deze doelstellingen kan leveren. Een acceptabele plant kan gekweekt worden zonder remmiddelen.

1.3.3 Strecking van het blad

Deze eigenschap bleek nauwelijks beïnvloed te worden door de behandelingen in deze proefronde, met uitzondering van de remmende werking van UV. Het ras uitgekozen om het grove blad, Amador, werd door de kwekers unaniem als goed beoordeeld in de hoog-licht behandelingen.

2 Proefronde 2 – Blauw en verrood

De doelstelling van deze proefronde is het nagaan wat de verrood-behoefte van kalanchoë is tijdens belichting in de winter, en het finetunen van het percentage benodigd blauw licht.

De achtergrond van kunstzonlicht is verlaagd ten opzichte van experiment 1: De maximale intensiteit is verlaagd van 120 naar 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ en de daglengte van 10 naar 8 uur per dag, wat de situatie in de maand december nabootst wat betreft de gemiddelde lichtsom aan daglicht in de kas (2.3 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{dag}$). Dit geeft nog meer onderscheidend vermogen tussen de behandelingen, omdat verwacht wordt dat effecten van bijbelichting dan relatief sterker op zullen treden. Door het lagere aandeel daglicht is er ook minder verrood (Fr) licht. Dit Fr bleek essentieel om doorwas te voorkomen en voldoende knopgewicht te induceren bij twee van de drie rassen (Perfecta Red II en Cedro) in het vorige experiment. Het is van belang om vast te stellen of het toevoegen van Fr aan de belichting nodig is, en zo ja, om de minimaal acceptabele dosis Fr te vinden. Dit laatste vanwege de hogere investering en elektrakosten van LED-armaturen waaraan verrode LED's zijn toegevoegd.

Percentages Fr om te toetsen in dit experiment werden gebaseerd op de behandeling uit experiment 1 die het best werd beoordeeld, H-Z+RB30%. Hierin was de intensiteit van het kunstzonlicht de helft ten opzichte van de behandeling hoog-Zon (H-Z). De hoeveelheid Fr in de kunstzonlichtlampen is ongeveer 27%. Dat geeft $0.5 \times 0.27 = 13.5\%$ daarom is in proefronde 2 als hoogste niveau 15% Fr genomen. Daarnaast is ook is een medium niveau van 9% Fr onderzocht, en geen enkele Fr bijbelichting. In die laatstgenoemde behandeling was er alleen het Fr van de achtergrond kunstzonlicht. Er was ook een behandeling waarbij het medium Fr niveau (9%) na 5 weken KD werd afgeschakeld om te onderzoeken of dit al voldoende was voor ontwikkeling van een normale bloei en plantvorm. Het eerder afschakelen van Fr zou een besparing op een deel van de elektrakosten opleveren en wellicht ongewenste strekking van de bloemstelen voorkomen. Immers, in het algemeen leidt Fr juist tot stengelstrekking bij de meeste gewassen. Echter, wanneer de bloei verstoord wordt door een tekort aan Fr kan het gewas juist meer gaan strekken.

In experiment 1 is tevens gevonden dat 6% blauw te laag was voor een goede plantvorm. De bloemtrosjes staken bij deze behandeling soms aan de zijkant boven de middelste bloemtros uit, terwijl dit probleem niet optrad bij 30% blauw. In experiment 2 is daarom gekozen om twee blauw-percentages te toetsen: als medium niveau blauw 13% en als hoog niveau 23%. LED-modules hebben tegenwoordig steeds vaker een aandeel wit licht, wat prettiger is voor het menselijk oog. Dit draagt ook een deel blauw licht bij. De percentages 13% en 23% zijn vergelijkbaar met die van commercieel verkrijgbare LED-modules met medium of hoog blauw. Het nog hogere percentage van 30% blauw uit experiment 1 is niet opnieuw beproefd. Blauwe LED's zijn energetisch minder efficiënt dan rode LED's en een hoog percentage blauw zou dus tot meer energieverbruik leiden.

2.1 Materiaal en Methoden

Experiment 2 is in dezelfde klimaatkamer uitgevoerd na experiment 1. De basis van de proefopzet is hetzelfde, maar de belichtingsbehandelingen en een aantal details verschillen van experiment 1 (zie toelichting hieronder). De proef is gestart 9 juli 2020, maar met de daglichtsimulatie is de winter nagebootst.

Onder KD bleef de belichting met kunstzonlicht 8u 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ met een lichtsom van 2.3 mol/m²/d. Dit is een lagere lichtsom dan in experiment 1 en vergelijkbaar met donkere condities in december. Dit is gedaan om nog beter de effecten van bijbelichting te kunnen onderscheiden tijdens de moeilijkste periode voor het kweken van kalanchoë met compacte plantvorm. De bijbelichting met LED tijdens KD was 10u 110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR met een lichtsom van 4 mol/m²/d. Dat maakt de totale lichtsom tijdens de KD-fase 6.3 mol PAR per m² per dag. Het verrode licht telt niet mee in deze PAR-som, omdat licht met een golflengte >700 nm volgens de definitie buiten het PAR-gebied valt.

2.1.1 Behandelingen

De opzet van deze proef was een factoriële combinatie van dosis blauw LED licht en verrood (Fr) LED bijbelichting. Er waren twee intensiteiten blauw licht (13% en 23%). De Fr intensiteit was hoog (15%), medium (9%) of er werd geen Fr (0%) bijbelicht. Als laatste was er nog een behandeling medium Fr gedurende de eerste 5 weken KD, waarna het Fr werd afgeschakeld (Tabel 2.1). De belichtingstijden staan in Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Behandelingen experiment 2. De basis was LED rood/wit/blauw/verrood met een achtergrond van kunstzonlicht. Er is gevarieerd met percentage blauw (B) en percentage en aantal weken verrood (Fr).

| Code | Bijbelichting KD | % Blauw | %Fr-KD wk 1-5 | %Fr-KD wk 6-10 |
|-------------|-------------------------------|---------|------------------|-------------------|
| 13B 15Fr | Medium B Hoog Fr continu | 13 | 15 | 15 |
| 13B 9Fr | Medium B Medium Fr continu | 13 | 9 | 9 |
| 13B 0Fr | Medium B Geen Fr continu* | 13 | 0 | 0 |
| 13B 9Fr 0Fr | Medium B Medium Fr t/m week 5 | 13 | 9 | 0 |
| 23B 15Fr | Hoog B hoog Fr continu | 23 | 15 | 15 |
| 23B 9Fr | Hoog B medium Fr continu | 23 | 9 | 9 |
| 23B 0Fr | Hoog B geen Fr continu* | 23 | 0 | 0 |
| 23B 9Fr 0Fr | Hoog B medium Fr t/m week 5 | 23 | 9 | 0 |

* alleen Fr uit achtergrond kunstzonlicht, geen Fr bijbelichting

Onder LD zijn de planten in alle behandelingen opgekweekt onder hetzelfde lichtregime van 8u 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ kunstzonlicht en er werd 16u bijbelicht met 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ LED rood/ 10% blauw. Verschillen tussen behandelingen zijn gestart in de KD-fase.

Tabel 2.2. Tijden van belichting in lange dag (LD) en korte dag (KD).

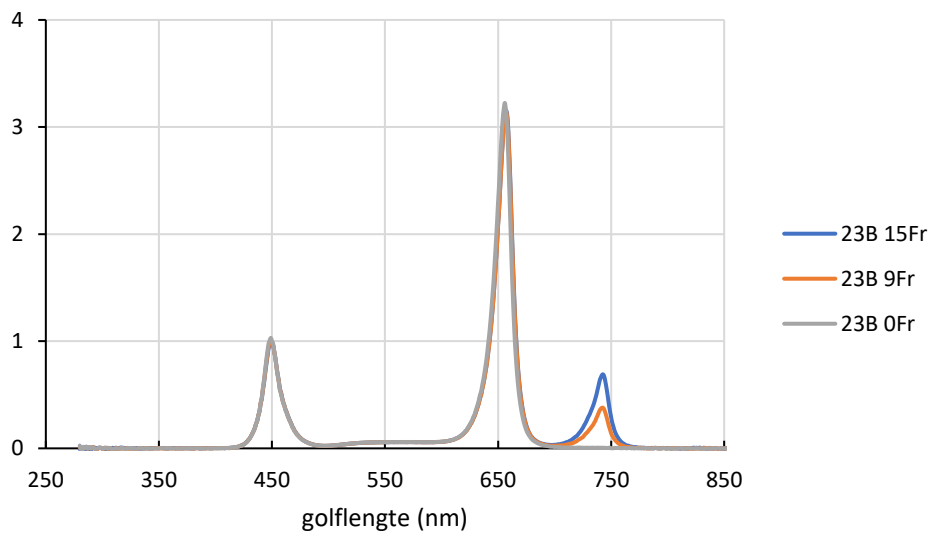
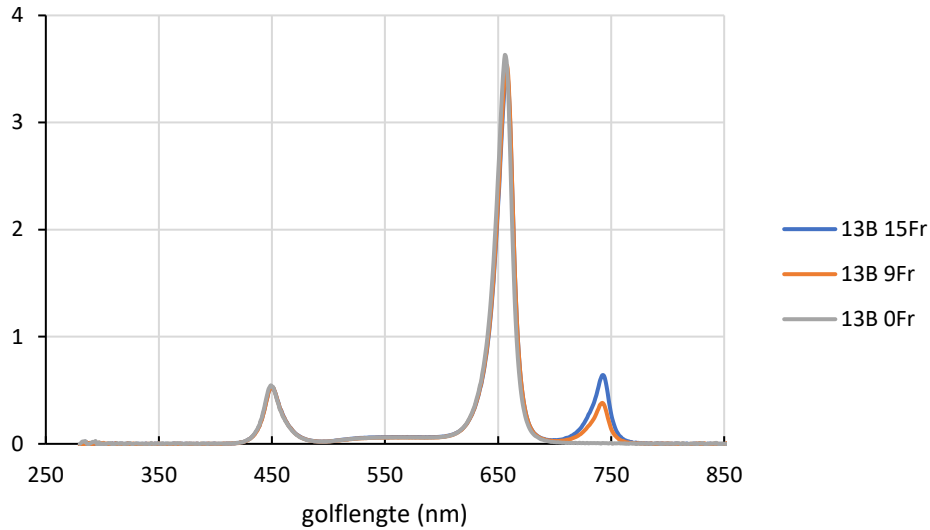
| Tijd LD | LD 16u dag | Tijd KD | KD 10u dag |
|---------|-------------------|---------|-------------------|
| 01:00 | LED RB 10% aan | 07:00 | bijbelichting aan |
| 08:00 | kunstzonlicht aan | 08:00 | kunstzonlicht aan |
| 16:00 | kunstzonlicht uit | 16:00 | kunstzonlicht uit |
| 17:00 | alles uit | 17:00 | alles uit |

Een deel van het Fr licht was afkomstig van het kunstzonlicht en was dus ook aanwezig in de behandeling zonder extra Fr bijbelichting. De totale dosis Fr tijdens het experiment is weergegeven in Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Totale dosis verrood (Fr) licht over het hele experiment per behandeling en voor de achtergrond kunstzonlicht. De langere daglengte tijdens de LD-fase is meegenomen in de berekening.

| Parameter | zonlicht | 15Fr | 9Fr | 9Fr 0Fr | 0 Fr |
|--|----------|-------|------|---------|------|
| PAR ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) | 80 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| Fr ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) | 21.6 | 16.5 | 9.9 | 9.9 | 0 |
| Lichtperiode KD (u/d) | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Fr som ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$) | 0.62 | 0.59 | 0.36 | 0.36 | 0 |
| weken Fr | 13 | 13 | 13 | 8 | 0 |
| Fr dosis bijbelichting (mol/m^2) | - | 61.3 | 37.2 | 24.6 | 0 |
| Fr dosis zonlicht (mol/m^2) | 56.6 | 56.6 | 56.6 | 56.6 | 56.6 |
| Fr dosis totaal (mol/m^2) | | 117.8 | 93.8 | 81.2 | 56.6 |

De spectra van de LED-lampen zijn weergegeven in Fig. 2.1. Het spectrum van de zonlichtlampen is weergegeven in Fig. 1.2 in Hoofdstuk 1.1.1.



Figuur 2.1. Lichtspectrum van LED-lampen in experiment 2 met medium blauw (boven) en hoog blauw (onder). Percentages blauw (B) en verrood (Fr) licht van de behandelingen zijn weergegeven.

2.1.2 Plantmateriaal

Net als in experiment 1 zijn de volgende kalanchoë cultivars gebruikt, geleverd door de genoemde bedrijven:

- Perfecta Red II (Kwekerij Lankhaar), makkelijke strekker van bloemstelen
- Don Cedro (KP Holland), makkelijke strekker van vegetatieve internodiën
- Don Amador (KP Holland), cultivar met grof blad

2.1.3 Groeicondities

Stekken zijn gestoken in 12cm potten gevuld met een mengsel van potgrond, klei en perlite en verzadigd met voedingsoplossing EC 2.8 mS/cm en pH 5.6 (materialen geleverd door Kwekerij Lankhaar). De dichtheid was 83 planten/m². Cedro is een week langer onder LD opgekweekt (totaal 4 weken LD) dan in experiment 1 omdat de planten toen vrij klein bleven en 4-5 weken gangbaar is in de praktijk voor dat ras. De andere twee rassen zijn 3 weken onder lange dag (LD) opgekweekt. De fotoperiode was 16 uur en de lichtomstandigheden waren gelijk. Daarna zijn de planten verder opgekweekt onder korte dag (KD) met een fotoperiode van 10 uur. Op dat moment zijn de behandelingen gestart. De temperatuur was gemiddeld 21.5°C en de relatieve luchtvochtigheid 67%. Er is wat warmer geteeld met een wat hogere +DIF (1.8°C) dan in experiment 1, omdat dit strekking bevordert. Zo was de verwachting dat eventuele effecten van lichtspectrum op strekking beter zichtbaar werden. De temperatuur is zo goed mogelijk gelijk gehouden (<0.3°C verschil) in de acht verschillende klimaatcabines. CO₂ is continu dag en nacht gedoseerd op 600 ppm. Bewatering was wekelijks tot tweemaal per week naar behoefte via eb en vloed met voedingsoplossing zoals in experiment 1 (Hoofdstuk 1.1.3). Tijdens de teelt zijn geen remmiddelen gebruikt. Na 2 weken KD zijn de meest uniforme planten uitgezocht en is de plantdichtheid verlaagd naar 45 planten/m².

2.1.4 Metingen

Na 5 weken KD en bij eind oogst is de plantlengte gemeten vanaf de grond tot de apex op een halve centimeter nauwkeurig.

Rijpe planten met circa 3 open bloemen werden geoogst tussen 9 en 11 weken KD. Het aantal open bloemen is geteld en het aantal zij scheuten. Het versgewicht is bepaald van de bloemknoppen en van de hele spruit (alle bovengrondse delen). Vanwege de beperkte effecten in experiment 1, zijn in experiment 2 geen metingen aan bladbreedte gedaan. Metingen werden verricht aan 8 planten per ras per behandeling. Verschillen tussen behandelingen zijn per ras geanalyseerd met ANOVA gevolgd door Tukey test in R (R Core Team, 2013) met agricolae (<https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/index.html>).

Kwekers is gevraagd een rapportcijfer te geven van 0-10 van een representatieve plant en aan te geven of deze verkoopbaar is of niet. De respons van 4 kwekers is weergegeven.

2.2 Resultaten

2.2.1 Plantvorm na 5 weken korte dag

Zonder verrood in de belichting was Cedro beduidend meer gestrekt na 5 weken korte dag dan met verrood onder 23% blauw en liet weer kenmerken van doorwas zien (Fig. 2.2 en 2.3).



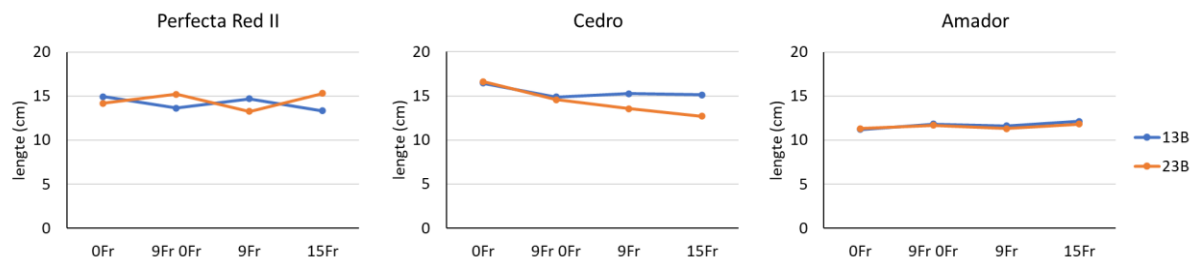
Figuur 2.2. Overzicht van de planten 5 weken na KD in de behandeling zonder verrood in de bijbelichting (23B 0Fr; links) en met de hoogste dosis verrood (23B 15Fr; rechts). Planten van Cedro (middelste twee rijen) zijn langer dan Amador (voorste twee rijen) zonder verrood maar niet met verrood.



Figuur 2.3. Lengte van Cedro (n=8) na 5 weken korte dag in de behandeling zonder verrood in de belichting (23B 0Fr) en met de hoogste dosis verrood (23B 15Fr), met foto van de planten. De uitvergroting laat bloemknoppen zien van Cedro uit behandeling 23B 0Fr, die kenmerken van doorwas hebben. Dit ondanks dat in de achtergrond van kunstzonlicht een aandeel verrood licht aanwezig was in alle behandelingen.

Hoewel verrood licht bekend staat om het stimuleren van stengelstrekking, werd hier het omgekeerde effect waargenomen: planten waren korter met een hogere dosis verrood. Zonder verrood in de belichting trad doorwas op in Cedro (Fig. 2.3) en daarmee zette de lengtegroei langer door dan in planten met verrood licht. Dit was in nog extremere mate ook het geval in experiment 1 onder een rood/blauw lightspectrum zonder enig verrood. In Amador was 5

weken na start van de KD-fase geen verschil in lengte tussen behandelingen waar te nemen en ook in Perfecta Red II waren de verschillen gering (Fig. 2.4).



Figuur 2.4. Lengte zonder pot na 5 weken korte dag. Data zijn gemiddelden van 8 herhalingen.

2.2.2 Eindooft



Figuur 2.5. Perfecta Red II bij eindooft na 9 weken korte dag onder verschillende fracties blauw (B) en verrood (Fr) licht.



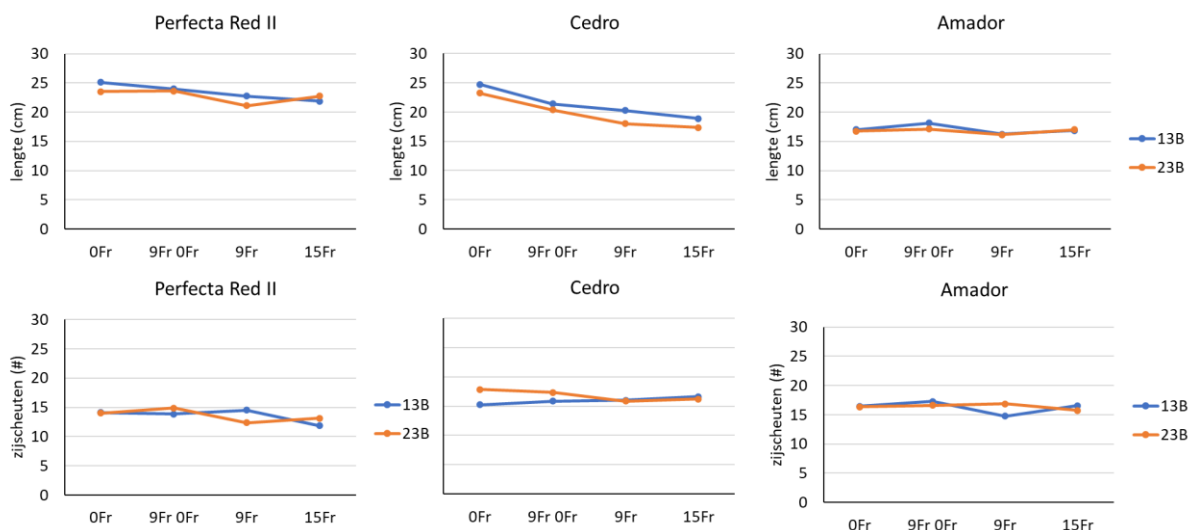
Figuur 2.6. Cedro bij eind oogst na 9 weken korte dag onder verschillende fracties blauw (B) en verrood (Fr) licht.



Figuur 2.7. Amador bij eindogst na 9 weken korte dag onder verschillende fracties blauw (B) en verrood (Fr) licht.

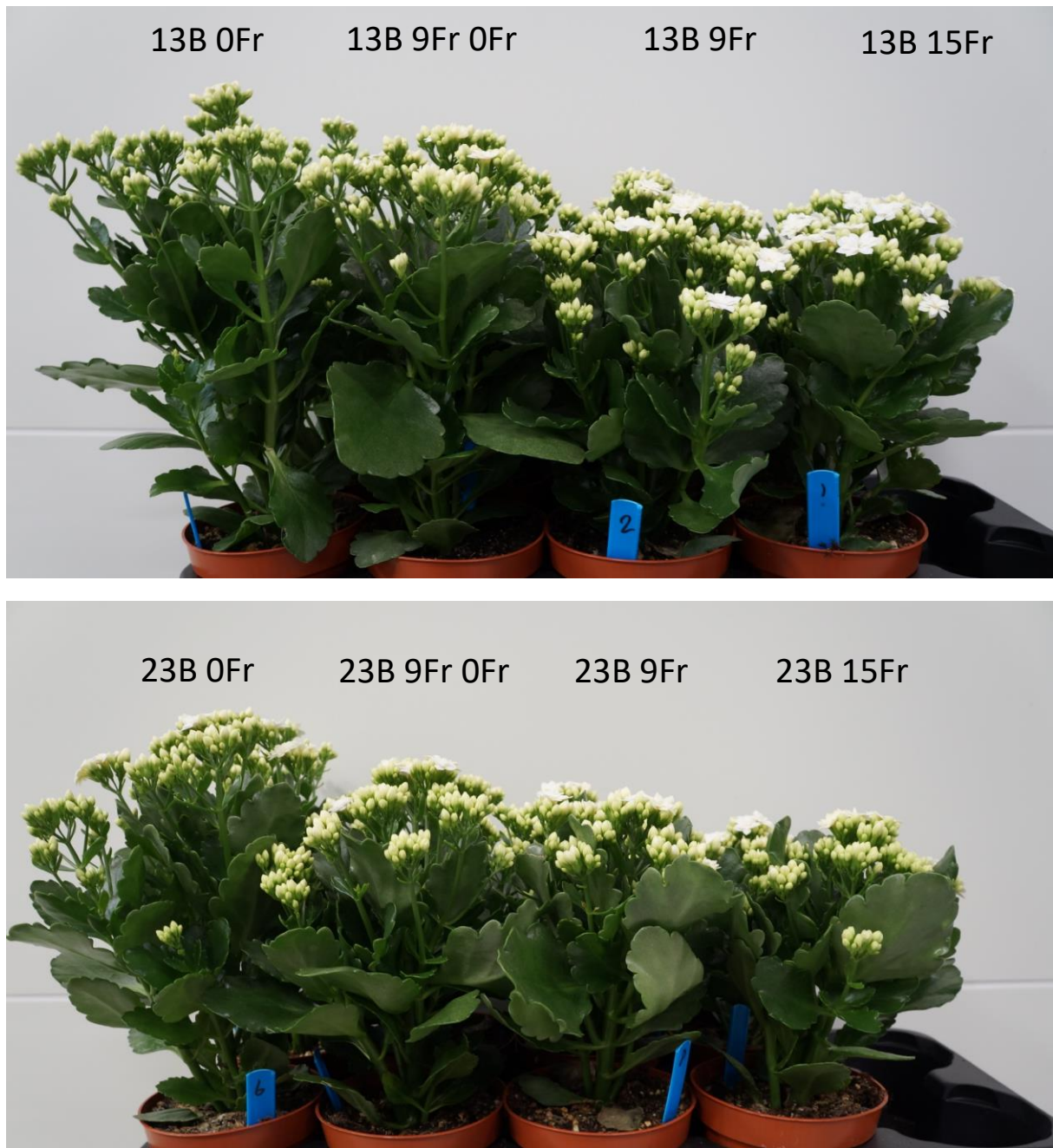
Bloemstelen staken boven de plant uit in Perfecta en Cedro bij behandelingen zonder verrood (0Fr) en ook enigszins in behandelingen met 9Fr 0Fr (Fig. 2.5 en 2.6). Dat is een ongewenste eigenschap. Het resultaat geeft aan dat een voldoende hoge dosis verrood licht nodig is en dat deze langer dan 5 weken KD gegeven moet worden om strekking van de bloemstelen te remmen in de daarvoor gevoelige rassen. Bij Amador was deze strekking van de bloemstelen minder sterk (Fig. 2.7).

Bij Cedro was er uiteindelijk een verschil van meer dan 5 cm lengte tussen planten met en zonder verrood in het spectrum (Fig. 2.8). Naarmate de dosis verrood licht in het spectrum hoger was, bleef de plant korter, hoewel het verschil tussen 9Fr en 15Fr klein was. Een hoger percentage blauw licht in het spectrum leidde ook tot iets kortere planten, maar dit effect was kleiner dan dat van verrood. Bij Perfecta onder 13% blauw was er een eenzelfde patroon als bij Cedro van kortere planten naarmate er meer verrood licht werd gegeven, maar dit was niet zo bij 23% blauw. Het aantal zij scheuten varieerde tussen behandelingen maar niet in een consistent patroon. Sommige zij scheuten waren klein en hadden geen volwaardige bloemtros.



Figuur 2.8. Lengte zonder pot en aantal zij scheuten bij eind oogst. Gemiddelde van 8 herhalingen.

Figuur 2.9 toont nogmaals het effect van verrood (Fr) en percentage blauw in de bijbelichting op lengte en plantvorm bij Cedro.



Figuur 2.9. Overzicht van Cedro bij eind oogst met van links naar rechts een toenemende dosis verrood (Fr) in de bijbelichting.

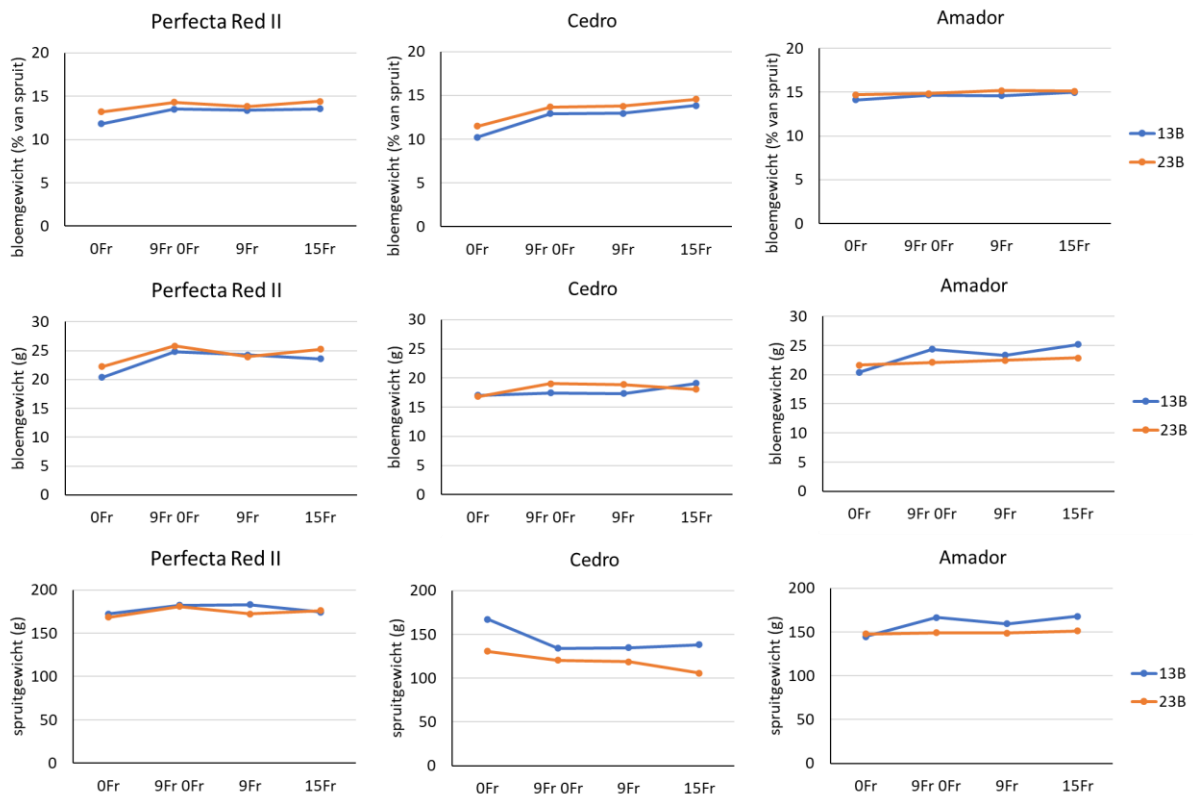
Tabel 2.4. Tijd (weken na stek steken) tot eindoogst. Bij eindoogst hadden Perfecta Red II en Cedro gemiddeld 3-4 open bloemen en Amador 4-6.

| behandeling | Perfecta Red II | Cedro* | Amador |
|-------------|-----------------|--------|--------|
| 13B 0Fr | 12.8 | 13.7 | 12.1 |
| 13B 9Fr 0Fr | 13.2 | 13.7 | 12.5 |
| 13B 9Fr | 12.8 | 13.6 | 12.3 |
| 13B 15Fr | 13.1 | 13.7 | 12.4 |
| 23B 0Fr | 12.9 | 13.7 | 12.3 |
| 23B 9Fr 0Fr | 13.1 | 13.6 | 12.4 |
| 23B 9Fr | 13.5 | 13.6 | 12.5 |
| 23B 15Fr | 13.3 | 13.7 | 12.4 |

*Tijd voor Cedro is inclusief de extra week LD die dit ras heeft gekregen.

Planten werden geoogst op het moment dat circa 3 bloemen open waren. De gemiddelde tijd tot rijpheid is weergegeven in Tabel 2.4. Er waren geen duidelijke consistente effecten van behandeling op teeltsnelheid.

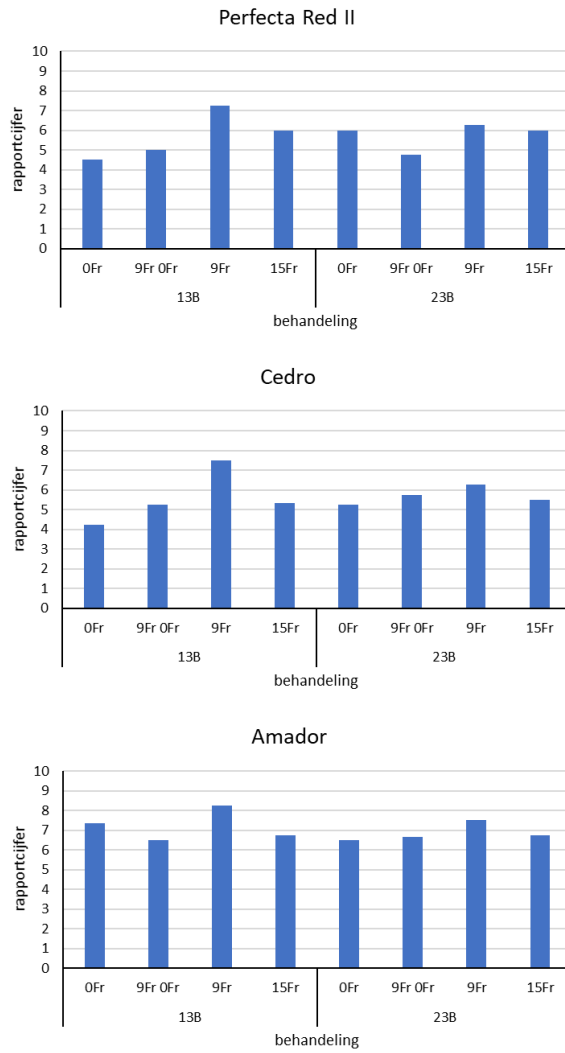
Bij Perfecta was het gewicht van de bloemen (en knoppen) minder bij afwezigheid van verrood (0Fr) dan bij behandelingen met verrood. Uitgedrukt als percentage van de hele spruit was er een duidelijk positief effect van verrood licht in het spectrum op bloemgewicht in zowel Perfecta als Cedro (Fig. 2.10). Hoe hoger de verrood dosis, hoe meer bloemen relatief werden gevormd. Het percentage steeg tot ca 15% bloemen bij 23B 15Fr in Cedro en Perfecta. Bij Amador was het percentage rond de 15% in alle behandelingen, wat ook zichtbaar was aan het mooie bloemscherm van de planten. Spruitgewichten waren over het algemeen hoger bij het laagste percentage blauw licht (Fig. 2.10). Statistische analyses staan in Tabel 2.5.



Figuur 2.10. Bloemgewicht en spruitgewicht bij eind oogst. Gemiddelde van 8 herhalingen. Bloemgewicht is uitgezet in gram versgewicht en als percentage van de hele spruit.

2.2.3 Beoordeling kwekers

Kwekers is weer gevraagd een beoordeling te doen van planten uit de verschillende behandelingen, tijdens een bezoek aan kwekerij Lankhaar. Hoewel planten met het hoogste percentage verrood licht (15Fr) vaak het kortst waren bij Cedro en Perfecta, werden deze niet het best gewaardeerd. In het geval van Cedro werden deze planten te klein gevonden. Opvallend was dat planten uit de behandeling met laag blauw en 9% verrood (13B 9Fr) het beste werden beoordeeld in alle drie de rassen, met als rapportcijfer een 7 of meer gemiddeld (Fig. 2.11). Voor verkoopbaarheid werden te weinig ingevulde enquêtes ontvangen om een betrouwbare uitspraak hierover te kunnen doen.



Figuur 2.11. Eindbeoordeling kwekers. Gemiddelde van 4 beoordelingen.

Tabel 2.5. Statistische analyse van parameters bepaald bij de eind oogst van experiment 2. Per ras zijn verschillen tussen behandelingen getoetst. Binnen een kolom zijn waarden gevolgd door dezelfde letter niet significant verschillend van elkaar (Tukey test; $\alpha=0.05$). Data zijn gemiddelden van 8 planten. Behandelingen zijn het percentage blauw (B) in de bijbelichting gevolgd door het percentage verrood (Fr) in de bijbelichting. 9Fr 0 Fr: er werd bijbelicht met 9%Fr gedurende de eerste 5 weken KD en daarna geen Fr.

Perfecta Red II

| Behandeling | # open bloemen | # zijscheuten | FW bloemen (g) | lengte (cm) | FW spruit totaal (g) | % bloemgewicht |
|-------------|----------------|---------------|----------------|-------------|----------------------|----------------|
| 13B 0Fr | 3.4 a | 14.1 ab | 20.4 a | 25.1 a | 172.5 a | 11.8 b |
| 13B 9Fr 0Fr | 3.9 a | 13.9 ab | 24.8 a | 24.0 ab | 182.3 a | 13.5 ab |
| 13B 9Fr | 4.1 a | 14.5 a | 24.3 a | 22.8 bcd | 183.2 a | 13.4 ab |
| 13B 15Fr | 3.8 a | 11.9 b | 23.6 a | 21.9 cd | 174.5 a | 13.5 ab |
| 23B 0Fr | 3.4 a | 14.0 ab | 22.2 a | 23.5 abc | 168.4 a | 13.2 ab |
| 23B 9Fr 0Fr | 3.9 a | 14.9 a | 25.8 a | 23.6 abc | 181.0 a | 14.3 a |
| 23B 9Fr | 4.0 a | 12.4 ab | 24.0 a | 21.1 d | 172.2 a | 13.8 ab |
| 23B 15Fr | 3.9 a | 13.1 ab | 25.2 a | 22.8 bcd | 176.2 a | 14.4 a |

Cedro

| Behandeling | # open bloemen | # zijscheuten | FW bloemen (g) | lengte (cm) | FW spruit totaal (g) | % bloemgewicht |
|-------------|----------------|---------------|----------------|-------------|----------------------|----------------|
| 13B 0Fr | 3.5 a | 15.3 b | 17.0 a | 24.8 a | 167.1 a | 10.2 c |
| 13B 9Fr 0Fr | 3.5 a | 15.9 ab | 17.4 a | 21.4 b | 134.2 b | 12.9 ab |
| 13B 9Fr | 3.1 a | 16.0 ab | 17.4 a | 20.3 bc | 134.7 b | 13.0 ab |
| 13B 15Fr | 3.4 a | 16.6 ab | 19.1 a | 18.9 cd | 138.3 b | 13.8 a |
| 23B 0Fr | 3.4 a | 17.9 a | 16.8 a | 23.3 a | 147.4 ab | 11.5 bc |
| 23B 9Fr 0Fr | 3.5 a | 17.4 ab | 19.0 a | 20.4 bc | 139.7 b | 13.7 a |
| 23B 9Fr | 3.3 a | 15.9 ab | 18.9 a | 18.0 d | 137.6 b | 13.8 a |
| 23B 15Fr | 3.3 a | 16.3 ab | 18.0 a | 17.4 d | 123.9 b | 14.6 a |

Amador

| Behandeling | # open bloemen | # zijscheuten | FW bloemen (g) | lengte (cm) | FW spruit totaal (g) | % bloemgewicht |
|-------------|----------------|---------------|----------------|-------------|----------------------|----------------|
| 13B 0Fr | 5.0 a | 16.4 ab | 20.4 b | 17.0 ab | 144.8 b | 14.1 a |
| 13B 9Fr 0Fr | 5.4 a | 17.3 a | 24.4 a | 18.1 a | 166.5 ab | 14.7 a |
| 13B 9Fr | 4.3 a | 14.8 b | 23.3 ab | 16.3 b | 159.3 ab | 14.6 a |
| 13B 15Fr | 5.6 a | 16.6 ab | 25.2 a | 16.9 ab | 168.0 a | 15.0 a |
| 23B 0Fr | 5.1 a | 16.4 ab | 21.6 ab | 16.8 ab | 147.9 ab | 14.7 a |
| 23B 9Fr 0Fr | 4.8 a | 16.6 ab | 22.1 ab | 17.1 ab | 149.0 ab | 14.8 a |
| 23B 9Fr | 4.1 a | 16.7 ab | 23.0 ab | 16.3 b | 153.4 ab | 15.1 a |
| 23B 15Fr | 5.1 a | 15.8 ab | 22.9 ab | 17.0 ab | 151.2 ab | 15.1 a |

2.3 Discussie en Conclusies

2.3.1 Benodigde dosis verrood licht in het spectrum voor kalanchoë

De afwezigheid van verrood licht (Fr) in het spectrum van de bijbelichting was duidelijk nadelig in termen van te veel strekking, verlaagd percentage bloemgewicht (kalanchoë Cedro en Perfecta Red II) en, bij Cedro, doorwas. Proeven door Plant Lighting hebben ook bij de kwantitatieve lange-dag planten lisianthus en lelie (Oriëntal en Oriëntal Trumpet) aangetoond dat de afwezigheid van Fr in bijbelichting leidt tot bloeivertraging (van den Boogaart et al., 2022; Hogewoning et al., 2020). Bij lupine geteeld in klimaatkamers werd de tijd tot bloei verkort evenredig met de Fr dosis in de bijbelichting (Croser et al., 2016). Hoewel er een positief verband was tussen Fr dosis en percentage bloemgewicht en remming van de lengtegroei, leverde de hoogste dosis Fr (15Fr) niet de meest gewaardeerde plantvorm op. Een medium niveau (9Fr) gaf de beste beoordeling in alle drie de rassen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze conclusies gelden bij de gebruikte lichtintensiteit van $110 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR belichting. Wanneer de lichtintensiteit bij een kweker in de praktijk een stuk lager ligt, kan het zijn dat in de winter wel een hoger percentage Fr in de belichting nodig is om een minimale absolute dosis Fr te krijgen die effectief is (zie meer hierover in hoofdstuk 7).

Een intensiteit van maximaal $10 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ verrood (9% van de $110 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR) lijkt op basis van deze resultaten een redelijke richtlijn. Mogelijk is minder verrood ook afdoende (zie ook hoofdstuk 7). Meer verrood kost extra investeringen en elektra, en lijkt geen betere plant op te leveren. Bovendien is de donkerste periode van het jaar gesimuleerd met $2.3 \text{ mol}/\text{m}^2/\text{dag}$ aan daglicht. In jaargetijden met meer daglicht zal de behoefte aan een aandeel verrood in de belichting naar verwachting minder zijn.

2.3.2 Duur van de verrood belichting

Na 5 weken KD werd de verrood belichting uitgeschakeld in de behandeling 9Fr 0Fr. Planten uit deze behandeling werden duidelijk minder gewaardeerd dan planten uit de behandelingen waarin de gehele KD-periode met verrood werd bijbelicht. Bij Perfecta Red II was er een ongelijk bloemscherm te zien in behandeling 9Fr 0Fr, bij zowel laag blauw als hoog blauw. De conclusie is dus dat de verrood belichting in de KD-fase in ieder geval langer dan 5 weken nodig lijkt te zijn onder winterse omstandigheden in de kas.

2.3.3 Blauw in het spectrum

De effecten van het percentage blauw waren geringer dan die van verrood. Een hoger percentage van 23% gaf een nog iets kortere plant (1.5-2cm) dan 13% blauw in het spectrum bij Cedro. Bij de andere twee rassen was er nauwelijks verschil in lengte. Bij Cedro was er alleen een significant verschil tussen 13%B en 23%B in de behandelingen met 9%Fr (Tabel 2.5). Het percentage bloemgewicht was nauwelijks hoger bij 23% blauw en de waardering was niet duidelijk beter, eerder slechter. In experiment 1 was er wel een positief effect van 30% blauw

ten opzichte van 6% blauw op de gelijkheid van het bloemscherm. In dit experiment is dit lage percentage blauw niet meer getoetst. Waarschijnlijk is 13% blauw in het spectrum al afdoende. Blauwe LED's zijn minder efficiënt dan rode LED's in lichtintensiteit per eenheid energie. Zo bezien is het lagere percentage van 13% blauw dus ook gunstiger dan 23% blauw. Hoewel niet aangetoond in deze proef, is waarschijnlijk de absolute hoeveelheid blauw belangrijker dan het percentage blauw. Concluderend lijkt 6 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ blauw (proefronde 1) te weinig, en 14 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ blauw (13% van de 110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR) voldoende. Wellicht zit het optimum hier ergens tussenin.

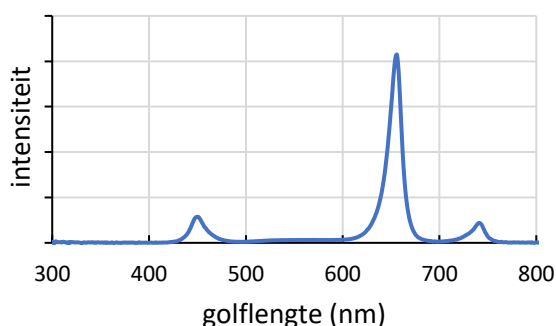
3 Proefronde 3 – UV-golflengte en intensiteit

De hoofdvraag van proefronde 3 was: Wat is het effect van UV licht op compactheid en verdere plantontwikkeling van kalanchoë? Speciaal gemaakte dimbare UV LED-armaturen (Specialty Lighting Holland B.V.) werden gebruikt om effecten van de golflengte en intensiteit van UV-licht te onderzoeken. Verder werden de planten belicht met LED en winterdaglicht.

3.1 Materiaal en methoden

Opkweek vond plaats onder lange dag (LD) met 8 u/d 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ kunstzonlicht en 16 u/d belichting met 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ LED 90% rood en 10% blauw. De lichtsom was 5.2 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{dag}$.

De afkweek vond plaats onder korte dag (KD) met 8 u/d 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ kunstzonlicht en 10 u/d 110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ LED-belichting. De lichtsom was 6.3 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{dag}$. Het LED-spectrum was gebaseerd op de eerdere twee proefrondes uit 2020. Dat LED-spectrum bestond uit 13% blauw, 5% groen, 82% rood en 9% verrood, waarbij het verrood bovenop PAR komt (Fig. 3.1).



Figuur 3.1. Spectrum LED-belichting.

Tabel 3.1 en 3.2 bevatten de setpoints en tijdlijn van proefronde 3. Tabel 3.3 bevat de behandelingen van de proef. Er werden verschillende golflengtes UV vergeleken en van UV-B (308 nm) werden verschillende intensiteiten vergeleken. De UV-golflengtes die in Tabel 3.3 worden genoemd zijn volgens fabrieksspecificaties; wij hebben voor de 308 en 325 nm LED-typen een enige nanometers langere piekgolflengte gemeten. UV werd belicht tijdens de lichtperiode. In KD was dat 10 uur per dag. Alleen de laatste behandeling UV-B 0.25 (24u) kreeg 24 uur per dag UV-belichting (Tabel 3.3). De proef werd gestart 26 maart 2021, maar door de simulatie van winterdaglicht in de klimaatcabines is het seizoen verder niet relevant.

Tabel 3.1. Setpoints van proefronde 3.

| Parameter | Waarde |
|------------------|--|
| Plantmateriaal | Kalanchoë Perfecta Red II, Don Cedro en Don Justino |
| Temperatuur | 21.5°C etmaal (22/20.5°C D/N) |
| Luchtvochtigheid | 70/75% D/N |
| CO ₂ | 600 ppm (24h) |
| Plantdichtheid | Bij start 83 planten/m ² en 5 weken na start 45 planten/m ² met potten van 12 cm diameter. |

Tabel 3.2. Tijdslijn proefronde 3.

| Dagen na start | Gebeurtenis |
|----------------|--|
| -7 | Don Cedro stekken geplant LD 16 u/d 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ LED-belichting en 8 u/d 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ zonlicht |
| 0 | Stekken andere rassen geplant startdatum proef |
| 21 | KD 10 u/d 110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ LED-belichting en 8 u/d 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ zonlicht Lichtbehandelingen gestart (Tabel 3.3) |
| 28 | UV-BC intensiteit verminderd van 0.25 naar 0.11 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ |
| 35 | Dichtheid verlaagd naar 45 planten/ m^2 en UV-BC planten vervangen door restplanten uit andere behandelingen |
| 38 | UV-BC intensiteit verminderd van 0.11 naar 0.05 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ |
| 88-96 | Destructieve eindmeting |

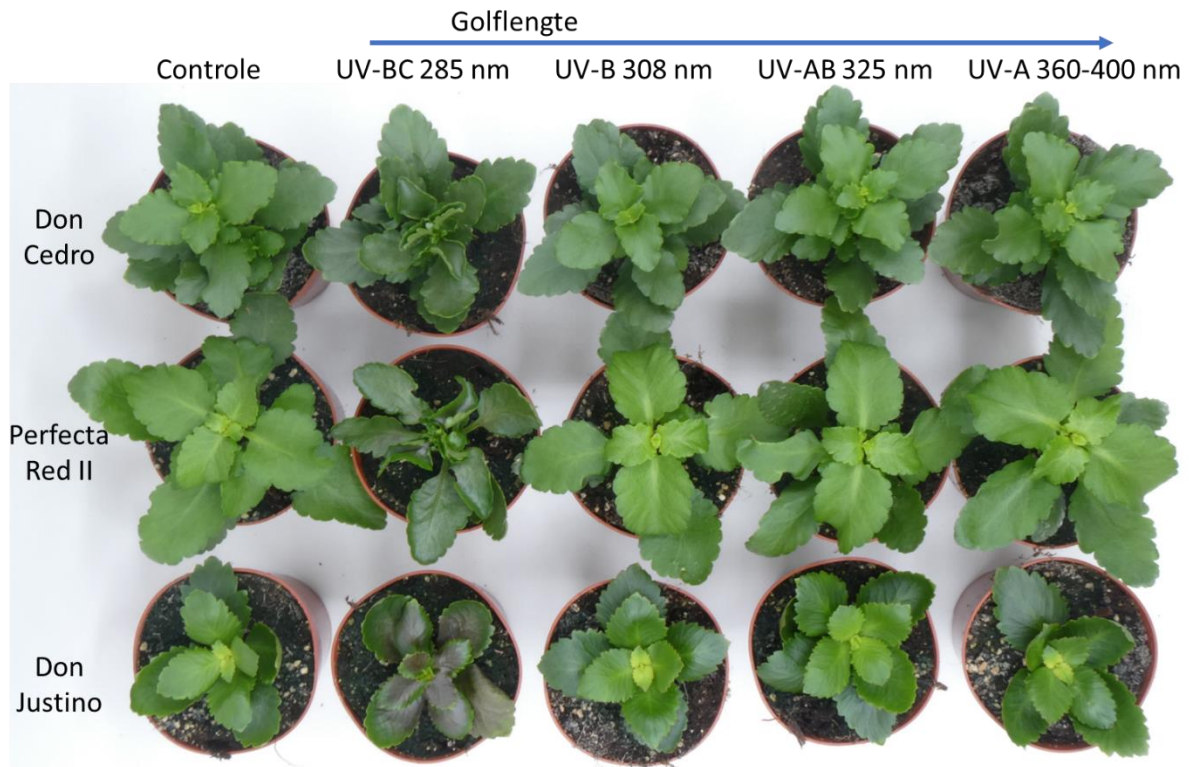
Tabel 3.3. Behandelingen van proefronde 3. Alle behandelingen ontvingen behalve UV ook belichting met LED en winterdaglicht.

| Behandeling | Beschrijving | Piekgolflengte UV (nm) | Intensiteit UV ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) |
|-----------------|-------------------------------|------------------------|--|
| Ctrl | Controle zonder extra UV | | |
| UV-A 10 | Extra UV-A uit kunstzon | 360-400 | 10 |
| UV-AB 0.25 | Extra UV-AB | 325 | 0.25 |
| UV-BC 0.25 | Extra UV-BC | 285 | 0.25* |
| UV-B 0.13 | Extra UV-B halve intensiteit | 308 | 0.13 |
| UV-B 0.25 | Extra UV-B | 308 | 0.25 |
| UV-B 0.5 | Extra UV-B hogere intensiteit | 308 | 0.50 |
| UV-B 0.25 (24u) | Extra UV-B 24 u/d | 308 | 0.25 |

*De intensiteit van UV-BC werd verminderd naar 0.11 en 0.05 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ vanwege schade na respectievelijk 4 en ruim 5 weken na start van de proef (respectievelijk 7 en 17 dagen na start van de UV-behandelingen).

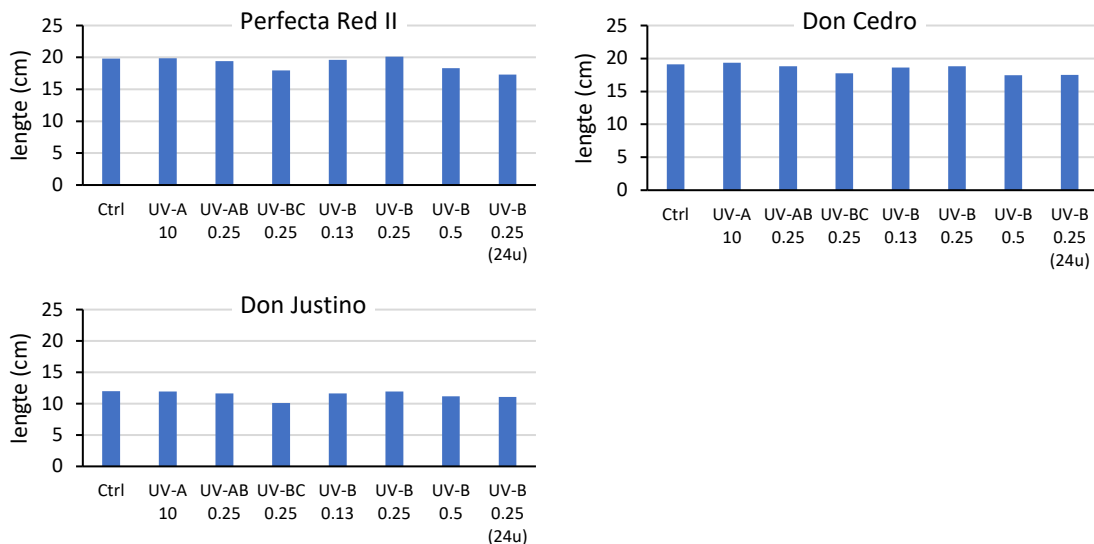
3.2 Resultaten

UV-BC licht (285 nm piekgolflengte) bleek zeer schadelijk voor de planten. Bij de start van de KD werden de UV-lichtbehandelingen gestart. Slechts een week later hadden de planten onder UV-BC geknepen, donkerder blad (Fig. 3.2). Het ras Don Justino kreeg ook rood blad onder deze behandeling. Vanwege deze schade werden bij het verlagen van de plantdichtheid planten van de UV-BC behandeling vervangen door restplanten uit de andere behandelingen. Ook werd de intensiteit van UV-BC verminderd naar 0.11 en vervolgens naar 0.05 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ na respectievelijk 7 en 17 dagen na start van de UV-behandelingen.

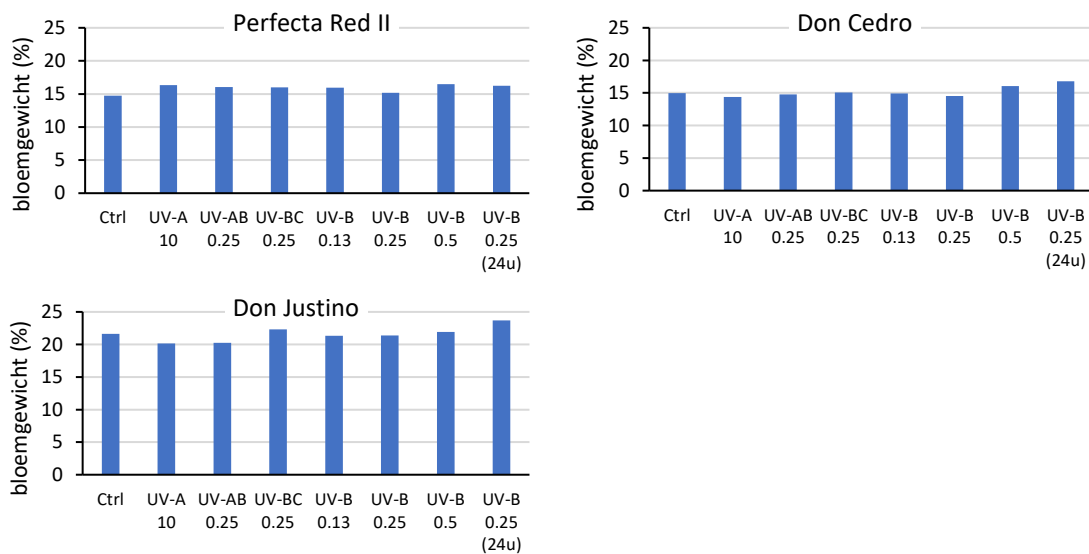


Figuur 3.2. Schade door UV-BC zichtbaar in bovenaanzicht van planten van drie rassen die werden belicht met UV van verschillende golflengte, of zonder UV (controle). De planten waren 4 weken oud en het was een week na start van de korte-dag fase en de lichtbehandelingen. De intensiteit van UV-belichting was $0.25 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ voor UV-BC, UV-B en UV-AB en $10 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ voor UV-A.

Zowel een kortere UV-golflengte als een hogere intensiteit van UV-B licht verminderde de lengte bij eind oogst (Fig. 3.3 en Tabel 3.4). Bij UV-BC, de kortste golflengte, waren planten korter, ondanks het vervangen van de planten na de schade door de belichting met $0.25 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ en het verlagen van de intensiteit naar 0.11 en 3 dagen later naar slechts $0.05 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. De andere UV-golflengtes UV-A en UV-AB hadden geen effect op lengte. UV-B in de lagere intensiteiten had ook geen effect op lengte, maar wel bij de hoogste intensiteit van $0.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Ook wanneer $0.25 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ UV-B 24 uur per dag werd gegeven bleven planten korter, en de bloei werd er niet zichtbaar door verstoord (Fig. 3.3 en Tabel 3.4).



Figuur 3.3. Plantlengte zonder pot voor eind oogst (87 dagen na start van de proef) bij verschillende UV-behandelingen. Behandelingen zijn UV-golflengte gevolgd door intensiteit in $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ en controle zonder UV (Ctrl). Voor uitleg zie Tabel 3.3. Data zijn gemiddelden van 18 planten.



Figuur 3.4. Bloemgewicht inclusief knoppen als percentage van het totale spruitgewicht bij eind oogst. Data zijn gemiddelden van 10 planten.

Het percentage bloemgewicht liet geen grote verschillen zien. Het was verhoogd in Don Cedro bij UV-B 0.25 (24u) ten opzichte van controle, maar in die behandeling waren er ook meer open bloemen bij eind oogst. Het aantal zij scheuten was minder in UV-BC bij Perfecta Red II en Don Justino (Tabel 3.4). Voor een goede plantvorm zijn juist meer zij scheuten gewenst. Het voordeel van een compactere plant wordt daarmee deels tenietgedaan. Het spruitgewicht van Don Justino werd ook lager onder UV-BC.

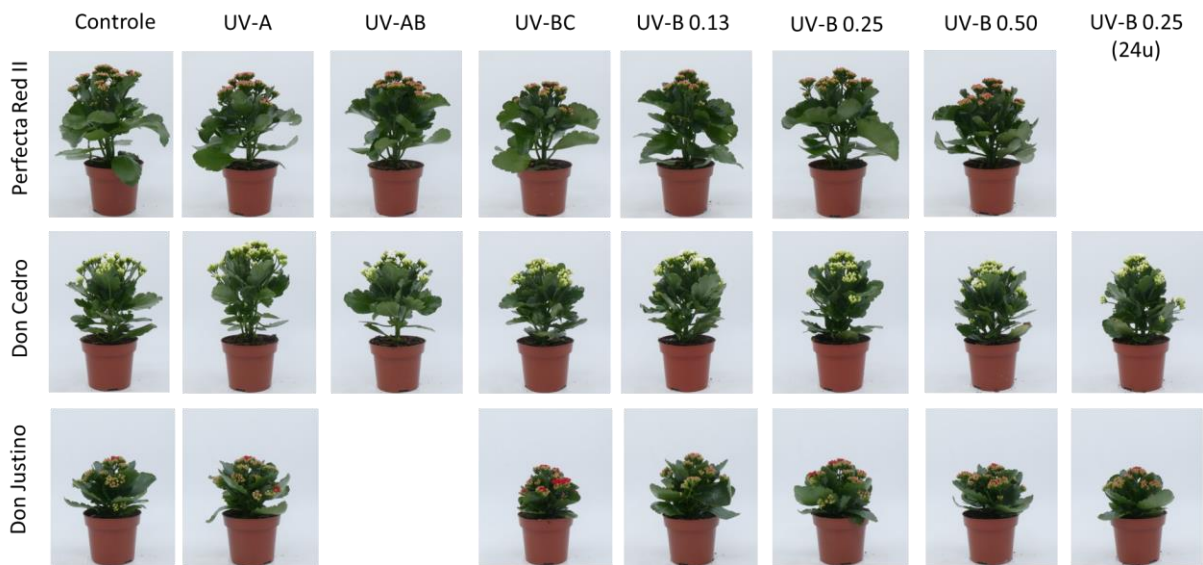
Tabel 3.4. Gegevens einddoogst.

| ras | behandeling | lengte (cm) | % bloemgewicht | # open bloemen | # zijscheuten | teeltduur (d) |
|-----------------|-----------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Perfecta Red II | Ctrl | 19.8 ± 0.9 a | 14.7 ± 1.1 a | 5.0 ± 1.4 a | 13.2 ± 0.8 ab | 94 ± 1.7 ab |
| | UV-A 10 | 19.9 ± 1.2 a | 16.3 ± 1.6 a | 5.4 ± 2.8 a | 13.5 ± 1.2 ab | 93 ± 1.9 b |
| | UV-AB 0.25 | 19.4 ± 0.7 a | 16.1 ± 1.0 a | 5.1 ± 1.7 a | 13.9 ± 0.7 a | 95 ± 1.6 ab |
| | UV-BC 0.25 | 17.9 ± 0.7 bc | 16.0 ± 1.1 a | 5.6 ± 2.5 a | 11.2 ± 0.9 c | 95 ± 1.0 ab |
| | UV-B 0.13 | 19.6 ± 1.1 a | 15.9 ± 1.2 a | 5.2 ± 2.7 a | 13.1 ± 1.2 ab | 95 ± 1.1 a |
| | UV-B 0.25 | 20.1 ± 0.8 a | 15.2 ± 1.5 a | 4.8 ± 2.4 a | 13.3 ± 1.6 ab | 94 ± 0.9 ab |
| | UV-B 0.5 | 18.3 ± 0.8 b | 16.5 ± 1.5 a | 6.1 ± 3.9 a | 12.7 ± 0.8 ab | 93 ± 1.9 ab |
| | UV-B 0.25 (24u) | 17.3 ± 0.7 c | 16.2 ± 1.7 a | 4.4 ± 2.0 a | 12.3 ± 0.9 bc | 93 ± 1.3 ab |
| Don Cedro | Ctrl | 19.1 ± 0.9 a | 15.0 ± 1.1 b | 4.1 ± 1.7 b | 14.0 ± 0.7 a | 89 ± 1.3 a |
| | UV-A 10 | 19.3 ± 0.7 a | 14.4 ± 1.5 b | 5.1 ± 1.9 ab | 14.2 ± 2.0 a | 89 ± 1.0 a |
| | UV-AB 0.25 | 18.8 ± 0.9 a | 14.8 ± 0.7 b | 5.0 ± 1.6 ab | 14.1 ± 0.9 a | 90 ± 2.2 a |
| | UV-BC 0.25 | 17.8 ± 1.0 b | 15.1 ± 1.1 b | 6.2 ± 3.4 ab | 14.4 ± 0.8 a | 90 ± 1.7 a |
| | UV-B 0.13 | 18.6 ± 0.9 a | 14.9 ± 1.4 b | 4.4 ± 1.6 b | 15.0 ± 1.3 a | 90 ± 1.9 a |
| | UV-B 0.25 | 18.8 ± 0.6 a | 14.5 ± 1.1 b | 3.9 ± 1.2 b | 15.1 ± 1.3 a | 90 ± 0.0 a |
| | UV-B 0.5 | 17.5 ± 0.9 b | 16.1 ± 1.4 ab | 4.5 ± 1.3 ab | 15.2 ± 1.0 a | 90 ± 0.9 a |
| | UV-B 0.25 (24u) | 17.5 ± 0.5 b | 16.8 ± 1.2 a | 8.2 ± 5.7 a | 15.1 ± 1.5 a | 91 ± 1.7 a |
| Don Justino | Ctrl | 12.0 ± 0.7 a | 21.6 ± 1.0 ab | 4.6 ± 1.5 a | 14.1 ± 0.7 ab | 91 ± 1.3 b |
| | UV-A 10 | 11.9 ± 0.5 a | 20.2 ± 1.7 b | 4.6 ± 1.8 a | 14.3 ± 1.4 a | 91 ± 1.4 ab |
| | UV-AB 0.25 | 11.6 ± 0.8 ab | 20.2 ± 1.7 b | 4.8 ± 1.3 a | 13.3 ± 0.9 ab | 93 ± 1.8 ab |
| | UV-BC 0.25 | 10.1 ± 0.6 c | 22.3 ± 1.5 ab | 4.3 ± 1.6 a | 11.1 ± 1.4 c | 93 ± 2.3 a |
| | UV-B 0.13 | 11.6 ± 0.6 ab | 21.3 ± 2.3 b | 4.1 ± 1.0 a | 14.1 ± 0.7 ab | 92 ± 2.2 ab |
| | UV-B 0.25 | 11.9 ± 0.8 a | 21.4 ± 1.4 b | 5.3 ± 1.6 a | 13.6 ± 1.3 ab | 94 ± 1.3 a |
| | UV-B 0.5 | 11.2 ± 0.6 b | 21.9 ± 1.1 ab | 5.7 ± 1.9 a | 13.4 ± 1.5 ab | 92 ± 1.6 ab |
| | UV-B 0.25 (24u) | 11.1 ± 0.9 b | 23.7 ± 1.8 a | 4.9 ± 2.2 a | 12.5 ± 1.4 bc | 92 ± 1.8 ab |

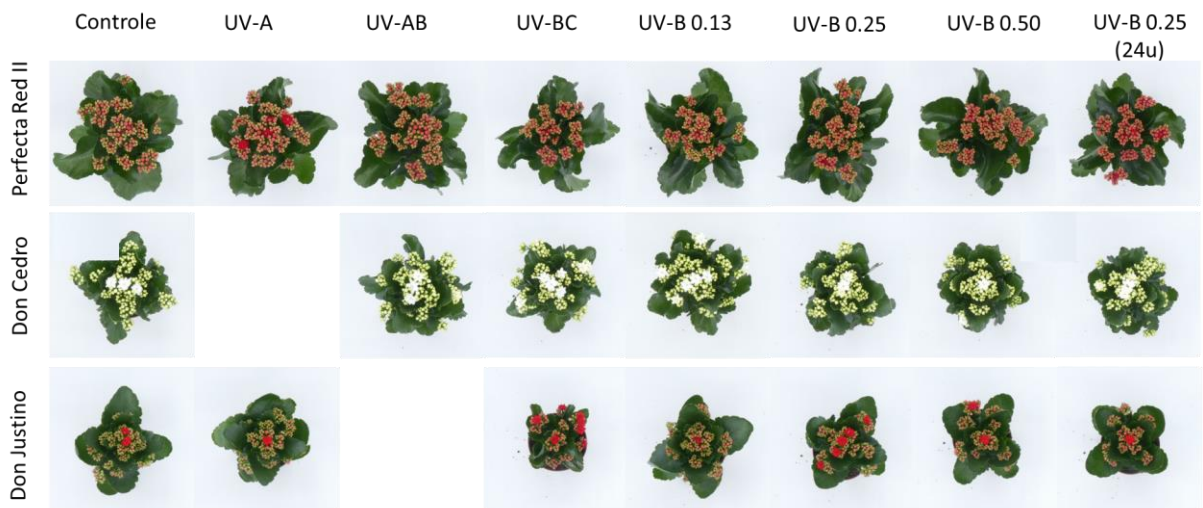
| ras | behandeling | versgewicht (g) | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|
| | | bloemen | rest spruit | totaal spruit |
| Perfecta Red II | Ctrl | 22.2 ± 3.0 ab | 128 ± 10.8 ab | 150 ± 13 abc |
| | UV-A 10 | 23.9 ± 3.1 ab | 123 ± 10.4 abc | 147 ± 12 abc |
| | UV-AB 0.25 | 25.5 ± 3.3 a | 133 ± 13.1 ab | 159 ± 16 ab |
| | UV-BC 0.25 | 22.1 ± 3.6 ab | 115 ± 14.4 bc | 138 ± 18 bc |
| | UV-B 0.13 | 24.4 ± 2.9 ab | 129 ± 16.7 ab | 153 ± 19 ab |
| | UV-B 0.25 | 24.5 ± 3.4 ab | 137 ± 16.4 a | 162 ± 19 a |
| | UV-B 0.5 | 23.7 ± 4.0 ab | 119 ± 13.3 abc | 143 ± 17 abc |
| | UV-B 0.25 (24u) | 21.0 ± 3.1 b | 109 ± 12.0 c | 130 ± 14 c |
| Don Cedro | Ctrl | 19.0 ± 1.4 ab | 108 ± 10.5 ab | 127 ± 11 ab |
| | UV-A 10 | 19.6 ± 2.6 ab | 117 ± 11.1 a | 136 ± 13 a |
| | UV-AB 0.25 | 19.4 ± 1.7 ab | 112 ± 10.8 ab | 132 ± 12 ab |
| | UV-BC 0.25 | 18.3 ± 1.9 ab | 103 ± 6.8 ab | 122 ± 8 ab |
| | UV-B 0.13 | 18.6 ± 2.8 ab | 106 ± 8.7 ab | 125 ± 11 ab |
| | UV-B 0.25 | 17.6 ± 1.4 b | 104 ± 11.6 ab | 122 ± 12 ab |
| | UV-B 0.5 | 18.7 ± 1.5 ab | 98 ± 10.6 b | 117 ± 11 b |
| | UV-B 0.25 (24u) | 20.5 ± 2.0 a | 102 ± 13.0 ab | 123 ± 15 ab |
| Don Justino | Ctrl | 18.6 ± 2.6 a | 68 ± 11.1 a | 87 ± 14 a |
| | UV-A 10 | 18.0 ± 3.0 a | 72 ± 13.5 a | 90 ± 16 a |
| | UV-AB 0.25 | 17.7 ± 2.5 a | 70 ± 10.4 a | 87 ± 12 a |
| | UV-BC 0.25 | 13.8 ± 2.3 b | 48 ± 7.5 b | 62 ± 10 b |
| | UV-B 0.13 | 18.3 ± 2.0 a | 68 ± 12.5 a | 87 ± 14 a |
| | UV-B 0.25 | 19.1 ± 1.5 a | 70 ± 8.1 a | 90 ± 9 a |
| | UV-B 0.5 | 17.9 ± 2.0 a | 64 ± 10.4 a | 82 ± 12 a |
| | UV-B 0.25 (24u) | 17.8 ± 2.4 a | 58 ± 11.2 ab | 76 ± 13 ab |

Data zijn het gemiddelde van 10 herhalingen (18 voor lengte) en de standaarddeviatie. Binnen een ras zijn behandelingen niet significant verschillend van elkaar wanneer ze gevolgd worden door dezelfde letter (Tukey test; $\alpha = 0.05$).

Vooral het ras Don Justino bleef erg klein onder UV-BC (Fig. 3.5 en 3.6). Bij Perfecta Red II viel de remming van lengtegroei niet erg op. Wat in het oog springt is de openheid onder in de plant. Blijkbaar strekt dit deel van de plant vroeg in de ontwikkeling. Vandaar dat in de volgende proef de UV-behandeling juist ook tijdens LD is gegeven. Hier was dat vanaf de start van de KD. De dichte knoppen kleurden intenser rood in UV-B 0.25 (24u) in Perfecta Red II (Fig. 3.6).



Figuur 3.5. Vooraanzicht bij eind oogst.



Figuur 3.6. Bovenaanzicht bij eind oogst.

3.3 Conclusies

- UV maakt kalanchoë planten korter afhankelijk van golflengte, intensiteit en tijdsduur.
- UV-A (360-400 nm) en UV-AB (325 nm) hadden nauwelijks effect.
- Bij lagere golflengte (UV-B 308 nm en UV-BC 285 nm) was er meer remming. Maar bij de laagste golflengte ontstond ook schade aan het gewas, dus UV-BC is niet aan te raden.
- In het geval van UV-BC was er ook een lager aantal zij scheuten en dus slechtere kwaliteit.
- Bij hogere intensiteit en langere duur van UV-B belichting was er meer remming.
- 24 uur belichten met $0.25 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ UV-B verstoort de bloei niet, maar gaf wel meer remming van lengtegroei t.o.v. 10 uur belichten.
- Onderin waren de planten van Perfecta Red II nog erg gestrekt, dus mogelijk is het interessant om eerder te starten met UV-belichting dan na 21 dagen zoals in deze proef.
- Vanwege de sterke remmingsrespons en de schade bij 285 nm, en de mildere remmingsrespons zonder schade bij 308 nm, kan een golflengte daartussenin interessant zijn om verder te onderzoeken. Idealiter is er de gewenste remming bij een zeer lage dosis zonder dat schade optreedt.

4 Proefronde 4 – UV 24u/dag

De hoofdvraag van proefronde 4 was: Wat is het effect van UV-AB of UV-B op compactheid van kalanchoë? Behandelingen zijn gekozen op grond van de resultaten van proefronde 3.

4.1 Materiaal en methoden

Tabel 4.1 en 4.2 bevatten de setpoints en tijdlijn van proefronde 4. Tabel 4.3 bevat de behandelingen van de proef. De planten werden belicht met LED met hetzelfde spectrum en winterdaglicht als in proefronde 3 (lichtsom 6.3 mol/m²/dag in de korte-dag fase). In deze proefronde werd UV-AB (325 nm) 24 u/dag gegeven, terwijl dat in de vorige ronde 10 u/dag was, alleen tijdens de belichtingsperiode. Er werd onderzocht of met de langere duur van UV-AB belichting wel remming van de groei op zou treden. UV-B werd in deze ronde ook 24 u/d gegeven. Verder werd onderzocht wat het effect was van UV-B dat direct al tijdens de lange-dag (LD) werd gegeven. Mogelijk kan hiermee strekking van het onderste deel van de stengel worden geremd. De proef werd gestart 29 juli 2021, maar door de simulatie van winterdaglicht in de klimaatcabines is het seizoen verder niet relevant.

Tabel 4.1. Setpoints van proefronde 4.

| Parameter | Waarde |
|------------------|--|
| Plantmateriaal | Kalanchoë Perfecta Red II, Don Cedro en Don Justino |
| Temperatuur | 21.5°C etmaal (22/20.5°C D/N) |
| Luchtvochtigheid | 70/75% D/N |
| CO ₂ | 600 ppm |
| Plantdichtheid | Bij start 83 planten/m ² en 5 weken na start 45 planten/m ² met potten van 12 cm diameter. |

Tabel 4.2. Tijdlijn proefronde 4.

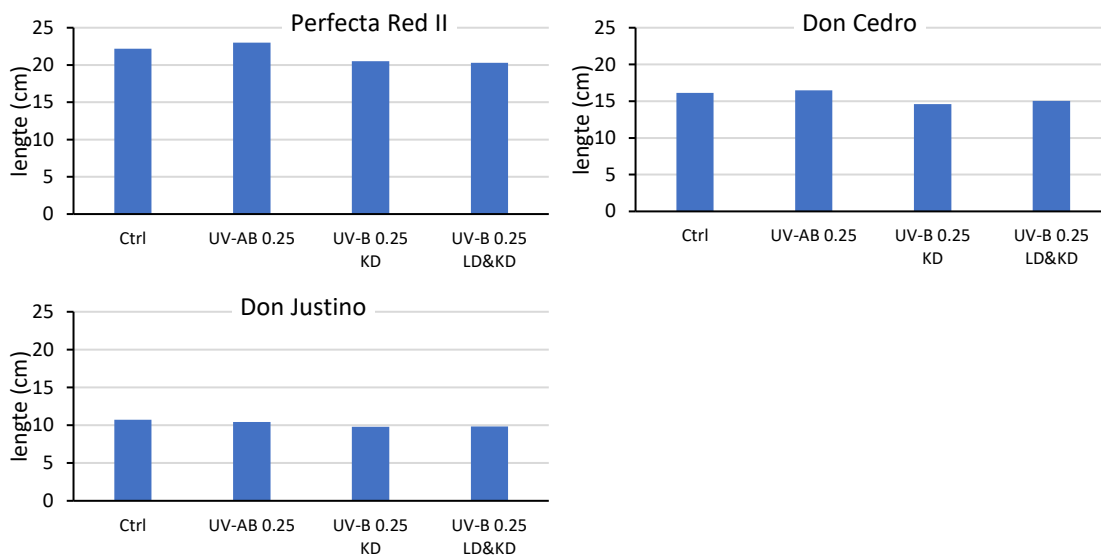
| Dagen na start | Gebeurtenis |
|----------------|---|
| -7 | Don Cedro en Don Justino stekken geplant LD 16 u/d 50 µmol/m ² /s LED-belichting en 8 u/d 80 µmol/m ² /s zonlicht extra UV-B in één behandeling (zie Tabel 4.3) |
| 0 | Stekken Perfecta Red II geplant start proef |
| 21 | KD 10 u/d 110 µmol/m ² /s LED-belichting en 8 u/d 80 µmol/m ² /s zonlicht Overige twee UV-lichtbehandelingen gestart (Tabel 4.3) |
| 35 | Dichtheid verlaagd naar 45 planten/m ² |
| 91-102 | Destructieve eindmeting |

Tabel 4.3. Behandelingen van proefronde 4. Alle behandelingen ontvingen behalve UV ook belichting met LED en winterdaglicht (lichtsom 6.3 mol/m²/dag).

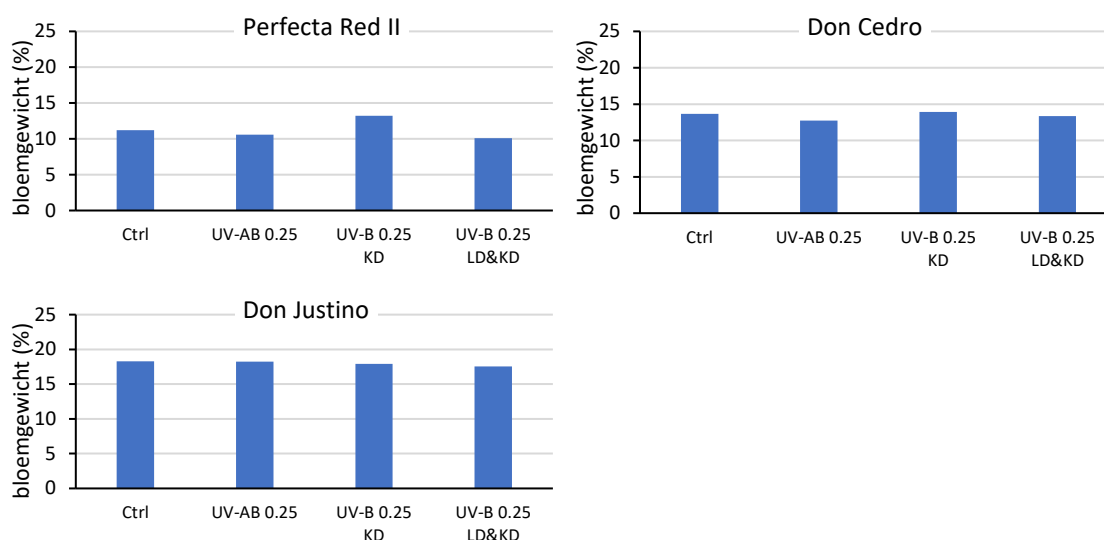
| Behandeling | Beschrijving | Piekgolflengte UV (nm) | Intensiteit UV (µmol/m ² /s) |
|-----------------|-----------------------------------|------------------------|---|
| Ctrl | Controle zonder extra UV | | |
| UV-AB 0.25 | Extra UV-AB 24 u/d in KD-fase | 325 | 0.25 |
| UV-B 0.25 KD | Extra UV-B 24 u/d in KD-fase | 308 | 0.25 |
| UV-B 0.25 LD&KD | Extra UV-B 24 u/d in LD & KD fase | 308 | 0.25 |

4.2 Resultaten

UV-AB leidde in geen van de rassen tot compactere planten, maar beide UV-B behandelingen gaven consequent kortere plantlengtes ten opzichte van de controle zonder UV (Fig. 4.1 en Tabel 4.4). De intensiteit van 0.25 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ UV-B, die in het vorige experiment bij 10 uur belichting per dag geen effect op lengte had, maar bij 24 uur per dag wel, had ook in dit experiment met 24 uur per dag dus wel effect. Het maakte geen verschil op de lengte of de UV-behandeling alleen tijdens KD werd gegeven, of zowel in de LD- als KD-fase. Het percentage bloemgewicht nam alleen toe in Perfecta Red II bij UV-B 0.25 KD ten opzichte van controle, maar verschilde verder niet tussen behandelingen bij de drie getoetste rassen (Fig. 4.2).



Figuur 4.1. Plantlengte zonder pot voor eind oogst (88 dagen na start van de proef) bij verschillende UV-behandelingen. Behandelingen zijn UV-golflengte gevolgd door intensiteit in $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ en kweekfase, en controle zonder UV (Ctrl). Voor uitleg zie Tabel 4.3. Data zijn gemiddelden van 18 planten.



Figuur 4.2. Bloemgewicht inclusief knoppen als percentage van het totale spruitgewicht bij eind oogst. Data zijn gemiddelden van 10 planten.

UV-B 0.25 KD verminderde het aantal zij scheuten in Perfecta Red II en het totale spruitgewicht van dit ras en Don Cedro (Tabel 4.4). De behandeling UV-B 0.25 LD&KD gaf ook minder zij scheuten in Perfecta Red II maar geen lagere spruitgewichten, ook al was er juist een langere blootstelling aan UV-B.

Tabel 4.4. Gegevens eind oogst.

| ras | behandeling | lengte (cm) | % bloemgewicht | # open bloemen | # zij scheuten | teeltduur (d) |
|-----------------|-----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| Perfecta Red II | Ctrl | 22.2 ± 0.7 a | 11.2 ± 0.8 b | 4.0 ± 0.7 a | 18.3 ± 1.4 a | 96 ± 1.5 b |
| | UV AB 0.25 | 23.0 ± 1.1 a | 10.6 ± 1.1 b | 3.7 ± 1.3 a | 17.5 ± 1.8 ab | 97 ± 1.8 ab |
| | UV B 0.25 KD | 20.5 ± 1.2 b | 13.2 ± 0.9 a | 4.2 ± 1.5 a | 16.5 ± 1.2 b | 99 ± 2.5 a |
| | UV B 0.25 LD&KD | 20.3 ± 2.4 b | 10.1 ± 1.1 b | 3.4 ± 1.0 a | 15.9 ± 1.2 b | 97 ± 2.3 b |
| Don Cedro | Ctrl | 16.1 ± 1.1 a | 13.7 ± 1.1 a | 5.5 ± 2.2 a | 18.6 ± 1.2 a | 94 ± 1.8 b |
| | UV AB 0.25 | 16.5 ± 1.1 a | 12.7 ± 1.2 a | 4.0 ± 1.4 a | 19.7 ± 0.9 a | 94 ± 1.8 ab |
| | UV B 0.25 KD | 14.6 ± 1.3 b | 13.9 ± 1.0 a | 4.8 ± 2.3 a | 18.5 ± 1.6 a | 96 ± 0.7 a |
| | UV B 0.25 LD&KD | 15.1 ± 0.7 b | 13.3 ± 1.3 a | 5.8 ± 3.5 a | 18.5 ± 1.2 a | 94 ± 1.5 ab |
| Don Justino | Ctrl | 10.7 ± 0.6 a | 18.3 ± 1.1 a | 3.9 ± 1.4 a | 17.5 ± 1.4 a | 92 ± 1.5 a |
| | UV AB 0.25 | 10.4 ± 0.8 a | 18.2 ± 0.9 a | 4.6 ± 2.0 a | 16.9 ± 1.3 a | 94 ± 1.7 a |
| | UV B 0.25 KD | 9.8 ± 0.6 b | 17.9 ± 0.9 a | 5.5 ± 1.8 a | 17.7 ± 1.3 a | 94 ± 1.8 a |
| | UV B 0.25 LD&KD | 9.8 ± 0.5 b | 17.5 ± 1.0 a | 3.7 ± 1.6 a | 15.7 ± 2.5 a | 93 ± 1.8 a |

Binnen een ras zijn behandelingen niet significant verschillend van elkaar wanneer ze gevolgd worden door dezelfde letter (Tukey test; $\alpha = 0.05$).

Tabel 4.4 (vervolg). Gegevens eind oogst.

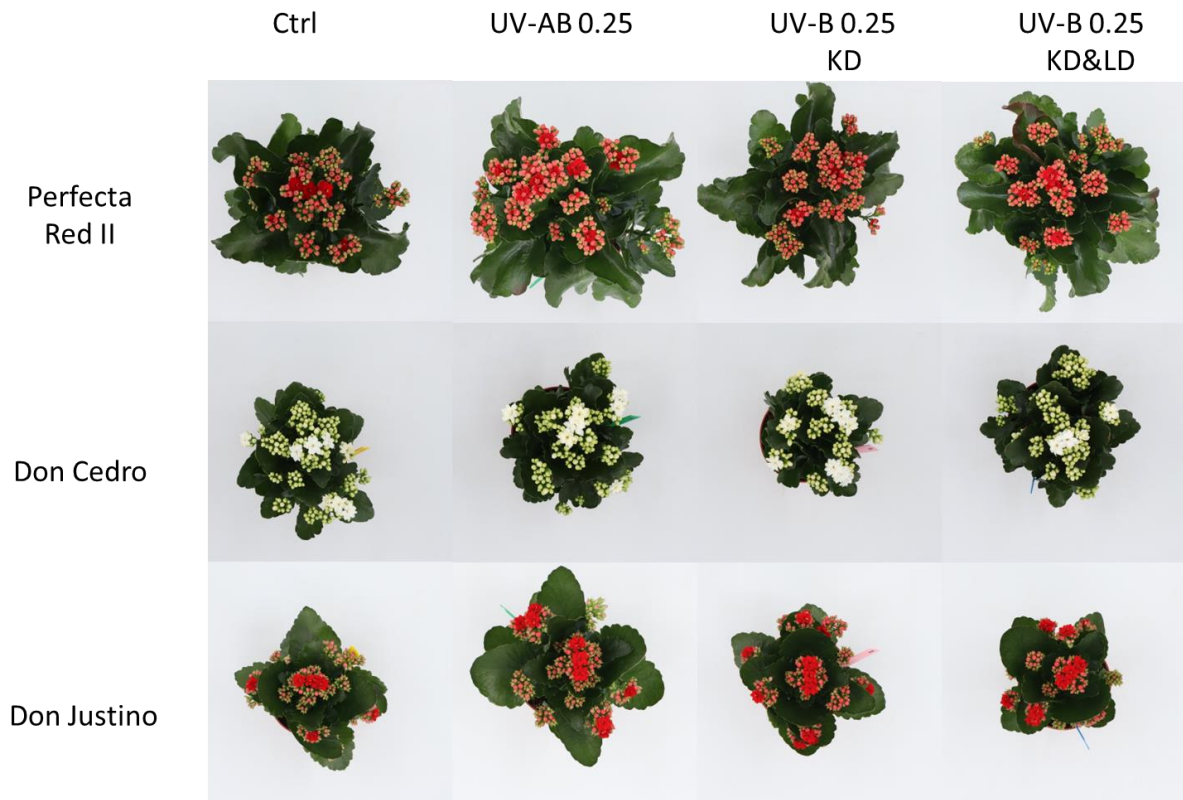
| ras | behandeling | versgewicht (g) | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|
| | | bloemen | rest spruit | totaal spruit |
| Perfecta Red II | Ctrl | 24.5 ± 2.4 a | 194 ± 15.9 a | 219 ± 18 a |
| | UV AB 0.25 | 23.7 ± 4.5 a | 199 ± 22.8 a | 223 ± 26 a |
| | UV B 0.25 KD | 23.0 ± 3.0 a | 151 ± 17.6 b | 174 ± 20 b |
| | UV B 0.25 LD&KD | 21.7 ± 2.3 a | 195 ± 23.1 a | 217 ± 24 a |
| Don Cedro | Ctrl | 18.6 ± 1.8 a | 118 ± 10.6 a | 136 ± 12 a |
| | UV AB 0.25 | 17.8 ± 2.6 a | 122 ± 14.1 a | 140 ± 16 a |
| | UV B 0.25 KD | 16.2 ± 2.3 a | 100 ± 11.1 b | 117 ± 13 b |
| | UV B 0.25 LD&KD | 17.7 ± 3.0 a | 115 ± 13.5 ab | 132 ± 16 ab |
| Don Justino | Ctrl | 18.0 ± 2.3 a | 80 ± 10.1 a | 98 ± 12 a |
| | UV AB 0.25 | 17.9 ± 1.7 a | 81 ± 9.2 a | 99 ± 11 a |
| | UV B 0.25 KD | 17.2 ± 1.7 a | 79 ± 8.9 a | 96 ± 10 a |
| | UV B 0.25 LD&KD | 16.4 ± 1.9 a | 77 ± 7.2 a | 93 ± 9 a |

Data zijn gemiddelden van 10 herhalingen (18 voor lengte) en de standaarddeviatie. Binnen een ras zijn behandelingen niet significant verschillend van elkaar wanneer ze gevolgd worden door dezelfde letter (Tukey test; $\alpha = 0.05$).

Bij de UV-AB behandeling bleef met name Perfecta Red II gestrekt aan de basis van de plant (Fig. 4.3 en 4.4).



Figuur 4.3. Vooraanzicht bij eind oogst



Figuur 4.4. Bovenaanzicht bij eindogst.

4.3 Conclusies

- Kalanchoë 24 uur per dag belichten met een lage dosis UV-B of UV-AB gaf geen zichtbare verstoring van de bloei.
- UV-AB (325 nm) gaf ook bij 24 uur UV-belichting geen remming van lengtegroei.
- Het effect op lengte van 0.25 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ UV-B 24 uur/ dag was 1-2 cm. UV-B (308 nm) is dus een niet-chemisch remmiddel waarmee de plant korter blijft.
- Er was geen roodkleuring van de plant door UV-B.
- Een nadeel is dat er ook minder zijscheuten werden gevormd met UV-B behandeling bij één van de drie getoetste rassen.

5 Proefronde 5 – Daglengte

De hoofdvraag van proefronde 5 was: hoeveel weken korte-dag (KD) heeft kalanchoë nodig om voldoende bloei te krijgen? En wat is het effect van overschakelen naar lange-dag (LD) in de afkweek op bloei en plantvorm? Schakelen naar LD na een aantal weken KD in de afkweek kan gunstig zijn, als daardoor met een lagere intensiteit belichting bij eenzelfde lichtsom als onder KD vergelijkbare resultaten kunnen worden behaald. Er is dan minder investering in belichting nodig. Onder belichte LD is ook de warmtevraag gemakkelijker in te vullen dan onder KD. Afhankelijk van de natuurlijke daglengte kan ook meer gebruik gemaakt worden van zonlicht wat anders weggeschermd zou worden.

5.1 Materiaal en methoden

Tabel 5.1 en 5.2 bevatten de setpoints en tijdlijn van proefronde 5. Tabel 5.3 bevat de behandelingen van de proef. Er is gekozen voor meer verschillende rassen dan in de voorgaande experimenten. De planten werden belicht met LED met hetzelfde spectrum en winterdaglicht als in proefronde 3 (lichtsom 6.3 mol/m²/dag in de KD-fase). Er werd op verschillende momenten na de start van KD overgeschakeld naar LD. Dit werd vergeleken met de gangbare methode om de hele afkweek onder KD uit te voeren (behandeling KD10; Tabel 5.3). De intensiteit van LED-belichting in de afkweek was gelijk tussen KD en LD. Daarom was de lichtsom hoger naarmate er langer onder LD werd geteeld. De behandeling KD1 had dus de hoogste lichtsom over de hele teelt, en KD10 de laagste. De proef werd gestart 7 juli 2021, maar door de simulatie van winterdaglicht in de klimaatcabines is het seizoen verder niet relevant.

Tabel 5.1. Setpoints van proefronde 5.

| Parameter | Waarde |
|------------------|--|
| Plantmateriaal | Kalanchoë Perfecta Red II, Don Cedro, Don Justino, Don Alano, Bicolor Pink en Perfecta Yellow |
| Temperatuur | 21.5°C etmaal (22/20.5°C D/N) |
| Luchtvochtigheid | 70/75% D/N |
| CO ₂ | 600 ppm |
| Plantdichtheid | Bij start 83 planten/m ² en 5 weken na start 45 planten/m ² met potten van 12 cm diameter. |

Tabel 5.2. Tijdlijn proefronde 5.

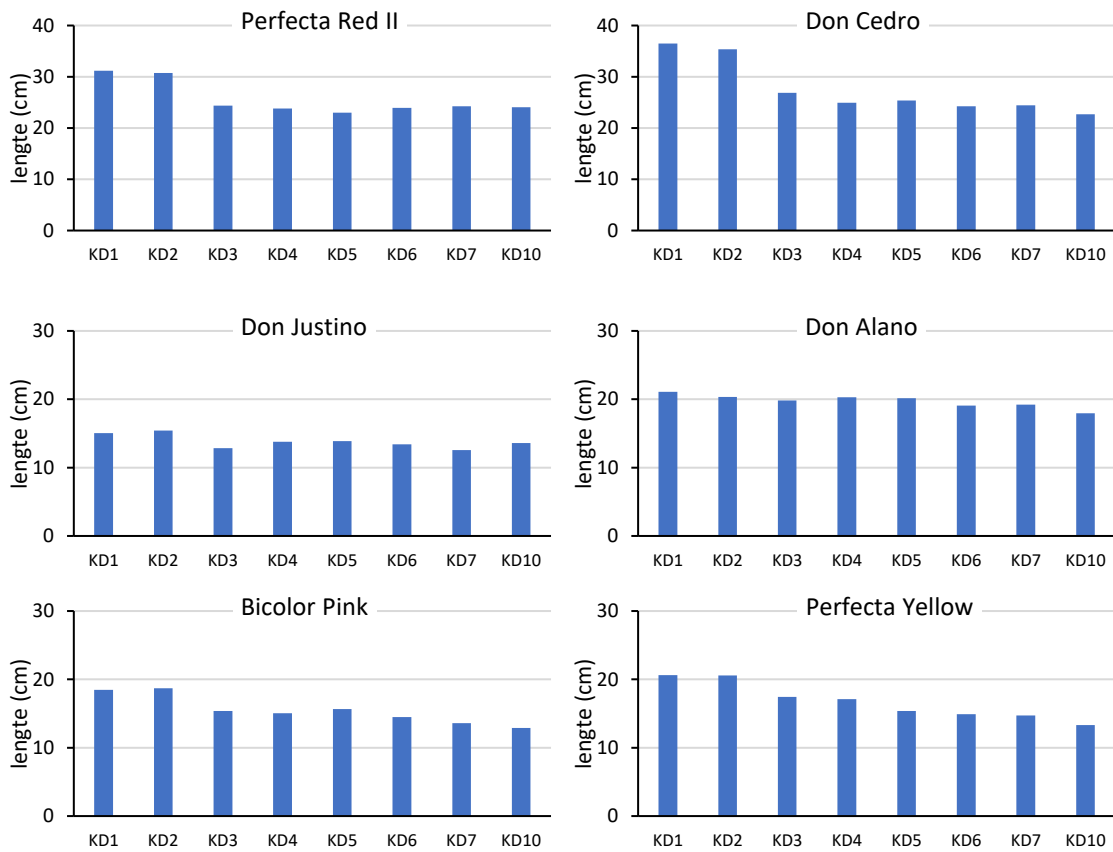
| Dagen na start | Gebeurtenis |
|----------------|--|
| -7 | Don Cedro, Don Justino en Don Alano stekken geplant LD 16 u/d 50 µmol m ² /s LED-belichting en 8 u/d 80 µmol m ² /s zonlicht |
| 0 | Stekken andere rassen geplant start proef |
| 21 | KD 10 u/d 110 µmol/m ² /s LED-belichting en 8 u/d 80 µmol m ² /s zonlicht |
| 28 | Start behandeling KD1: overgeschakeld naar LD vervolgens steeds een volgende behandeling naar LD (Tabel 5.3) |
| 35 | Dichtheid verlaagd naar 45 planten/m ² |
| 90-104 | Destructieve eindmeting |

Tabel 5.3. Behandelingen van proefronde 5. De intensiteit van LED-belichting was steeds 110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, de lichtperiode in KD was 10 u/d en in LD 16 u/d. Alle behandelingen ontvingen ook winterdaglicht.

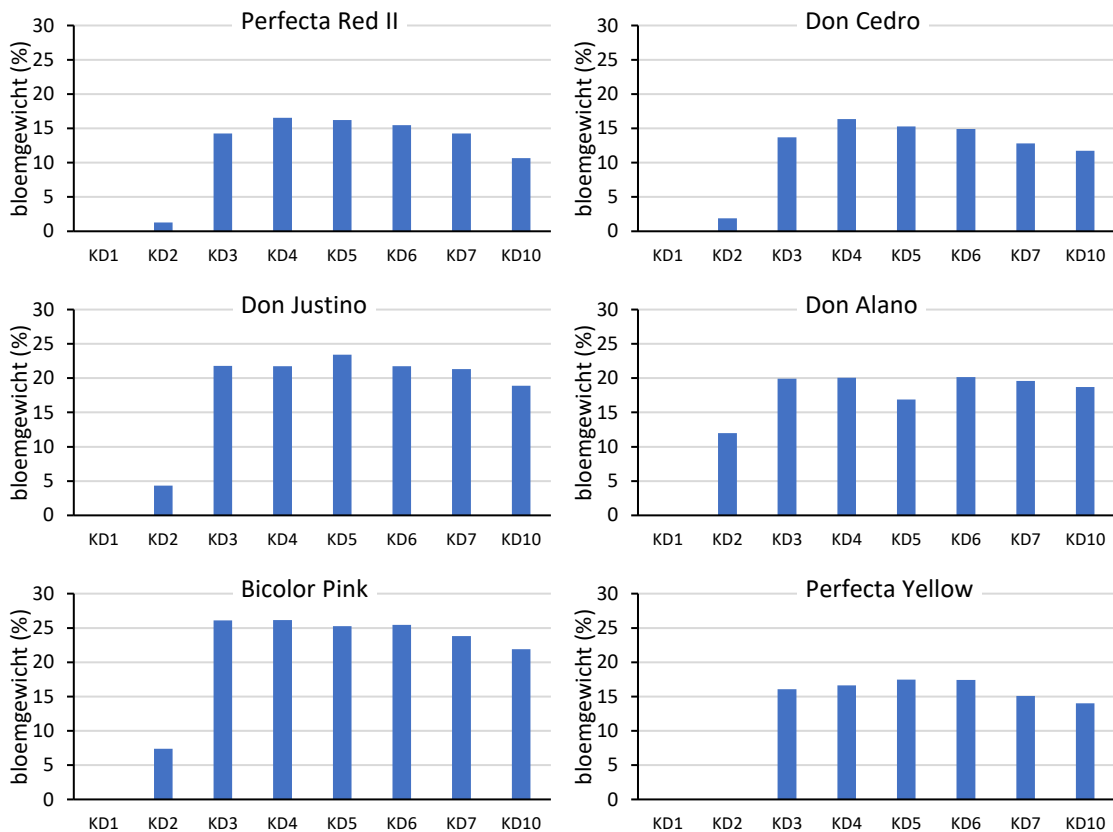
| Behandeling | Beschrijving | Lichtsom hele teelt LED – totaal (mol/m^2) |
|-------------|-------------------------|---|
| KD1 | 1 week KD en daarna LD | 487 – 697 |
| KD2 | 2 weken KD en daarna LD | 471 – 680 |
| KD3 | 3 weken KD en daarna LD | 454 – 664 |
| KD4 | 4 weken KD en daarna LD | 437 – 647 |
| KD5 | 5 weken KD en daarna LD | 421 – 631 |
| KD6 | 6 weken KD en daarna LD | 404 – 614 |
| KD7 | 7 weken KD en daarna LD | 388 – 597 |
| KD10 | hele afkweek KD | 338 – 547 |

5.2 Resultaten

Het overschakelen naar LD in de afkweek had, afhankelijk van het moment van overschakelen, een sterk effect op plantlengte en bloemgewicht (Fig. 5.1 en 5.2 en Tabel 5.4). Bij slechts één week onder KD (KD1) en vervolgens afkweek onder LD nam de plantlengte toe en werd de bloei tot nul gereduceerd. Bij Don Cedro nam de lengte vanwege het uitblijven van bloei toe met wel 60% in KD1 ten opzichte van KD10. Met een toenemend aantal weken KD nam de plantlengte van meerdere rassen steeds verder af. Na een aantal weken KD was de plant meer compact en werd het hoogste percentage bloemgewicht bereikt. Dit moment verschilde wat per ras: over het algemeen was dat na 4 of 5 weken KD. Een opvallende uitkomst was dat zo'n behandeling zelfs beter presteerde wat betreft bloei dan wanneer de hele afkweek onder KD werd gedaan (KD10), wat tot nu toe gangbare praktijk is. Bij alle rassen was het percentage bloemgewicht hoger bij KD3-KD6 dan bij KD10. Zoals opgemerkt gingen deze behandelingen wel gepaard met een hogere lichtsom.



Figuur 5.1. Plantlengte zonder pot voor eindogst 90 dagen na start. NB: de schaal verschilt vanwege uitzonderlijk lange planten van Perfecta Red II en Don Cedro. Data zijn gemiddelden van 9 planten. KD1 t/m KD 10 staat voor het aantal weken korte dag in de afkweek, met daarna lange-dag (zie Tabel 5.3).



Figuur 5.2. Bloemgewicht inclusief knoppen als percentage van het totale spruitgewicht bij eind oogst. Data zijn gemiddelden van 7 planten. KD1 t/m KD 10 staat voor het aantal weken korte dag in de afkweek, met daarna LD (zie Tabel 5.3). Er was geen bloei in behandeling KD1 en in het ras Perfecta Yellow ook niet in KD2.

Het totale spruitgewicht was het hoogst in de behandeling KD1 en nam af naarmate het aantal weken KD toenam (Tabel 5.4). De lichtsom was ook het hoogst in KD1 want deze planten werden als eerste overgezet naar LD.

Foto's van de planten bij eind oogst (Fig. 5.3 en 5.4) van de drie hoofdassen laten zien dat er geen bloei (of verstoorde bloei) was en sterke strekking in KD1 en KD2. Afhankelijk van het ras was de plant compacter met een voller bloemscherf als er 4-5 weken KD was geweest voor het overschakelen naar LD. Deze planten (met behandeling KD4 of KD5) hadden meer bloemknoppen dan wanneer de hele afkweek bij KD was (behandeling KD10). Foto's van de overige rassen staan in Bijlage Proefronde 5.

De vraag is wat er gebeurt met het extra licht dat de planten ontvangen wanneer wordt overgeschakeld naar LD. In KD4 bijvoorbeeld was er tussen de 13% en 17% meer licht over de hele teelt dan in KD10 (teeltduur per ras was verschillend). Dit leverde in de meeste rassen een hoger versgewicht van de spruit op: tussen de 4% en 22% (Tabel 5.5). Ook wanneer het spruitgewicht niet toenam, zoals bij Perfecta Red II, nam altijd het gewicht van bloemen en knoppen toe, tot wel 55%. De efficiëntie waarmee spruitgewicht werd aangemaakt (g FW/ mol PARsom) was vergelijkbaar tussen KD4 en KD10. Alleen in Perfecta Red II nam de efficiëntie wat af in KD4. Dit duidt erop dat het extra licht wel degelijk benut wordt.

Tabel 5.4. Gegevens eind oogst per ras en behandeling.

| ras | behandeling | lengte (cm) | % bloemgewicht | # open bloemen | # zijscheuten | teeltduur (d) |
|-----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Perfecta Red II | KD1 | 31.2 ± 1.8 a | 0.0 ± 0.0 c | 0.0 ± 0.0 c | 18.7 ± 1.5 a | 92 ± 0.0 b |
| | KD2 | 30.7 ± 0.8 a | 1.3 ± 0.2 c | 0.0 ± 0.0 c | 16.3 ± 2.1 a | 92 ± 0.0 b |
| | KD3 | 24.4 ± 1.1 b | 14.3 ± 3.0 a | 3.7 ± 1.1 abc | 16.6 ± 1.0 a | 92 ± 1.8 b |
| | KD4 | 23.8 ± 0.7 b | 16.6 ± 1.4 a | 6.3 ± 2.7 a | 17.1 ± 0.7 a | 94 ± 2.2 ab |
| | KD5 | 23.0 ± 1.1 b | 16.2 ± 1.8 a | 4.7 ± 1.9 ab | 16.9 ± 0.9 a | 96 ± 0.0 a |
| | KD6 | 23.9 ± 1.0 b | 15.5 ± 0.8 a | 4.1 ± 2.1 ab | 17.6 ± 1.3 a | 96 ± 1.1 ab |
| | KD7 | 24.2 ± 1.5 b | 14.3 ± 1.4 a | 3.0 ± 1.0 bc | 18.0 ± 1.3 a | 97 ± 3.7 a |
| | KD10 | 24.1 ± 1.2 b | 10.7 ± 1.3 b | 3.9 ± 2.0 abc | 18.4 ± 1.0 a | 96 ± 1.5 a |
| Don Cedro | KD1 | 36.5 ± 0.5 a | 0.0 ± 0.0 e | 0.0 ± 0.0 b | 21.0 ± 1.0 a | 92 ± 0.0 a |
| | KD2 | 35.4 ± 0.7 a | 1.9 ± 0.7 e | 0.0 ± 0.0 b | 20.7 ± 0.6 a | 92 ± 0.0 a |
| | KD3 | 26.9 ± 2.0 b | 13.7 ± 3.1 bcd | 12.3 ± 3.1 a | 19.6 ± 1.6 a | 92 ± 1.8 a |
| | KD4 | 24.9 ± 0.6 c | 16.4 ± 0.6 a | 10.7 ± 2.4 a | 18.7 ± 1.6 a | 92 ± 1.0 a |
| | KD5 | 25.4 ± 1.2 bc | 15.3 ± 0.8 ab | 10.7 ± 2.1 a | 19.1 ± 1.7 a | 92 ± 1.8 a |
| | KD6 | 24.2 ± 1.1 c | 14.9 ± 0.8 abc | 11.6 ± 1.9 a | 18.3 ± 1.4 a | 93 ± 0.8 a |
| | KD7 | 24.4 ± 0.8 c | 12.8 ± 1.2 cd | 11.1 ± 3.4 a | 18.3 ± 1.0 a | 93 ± 1.5 a |
| | KD10 | 22.7 ± 0.6 d | 11.7 ± 0.9 d | 11.7 ± 5.1 a | 19.4 ± 1.0 a | 93 ± 1.8 a |
| Don Justino | KD1 | 15.1 ± 0.5 a | 0.0 ± 0.0 d | 0.0 ± 0.0 b | 18.3 ± 0.6 a | 92 ± 0.0 a |
| | KD2 | 15.4 ± 0.8 a | 4.4 ± 0.8 c | 0.0 ± 0.0 b | 19.7 ± 1.5 a | 92 ± 0.0 a |
| | KD3 | 12.8 ± 0.6 cd | 21.8 ± 1.1 a | 11.4 ± 1.3 a | 17.3 ± 1.9 a | 92 ± 1.8 a |
| | KD4 | 13.8 ± 0.5 b | 21.7 ± 2.0 a | 10.6 ± 1.9 a | 17.4 ± 1.9 a | 92 ± 0.8 a |
| | KD5 | 13.9 ± 0.7 b | 23.4 ± 0.5 a | 11.0 ± 2.8 a | 18.4 ± 1.9 a | 93 ± 2.5 a |
| | KD6 | 13.4 ± 0.6 bcd | 21.7 ± 0.9 a | 10.4 ± 2.2 a | 16.6 ± 1.1 a | 94 ± 2.0 a |
| | KD7 | 12.6 ± 0.5 d | 21.3 ± 1.1 a | 11.3 ± 3.4 a | 18.6 ± 1.1 a | 95 ± 1.8 a |
| | KD10 | 13.6 ± 0.7 bc | 18.9 ± 1.3 b | 11.9 ± 3.1 a | 18.3 ± 1.7 a | 94 ± 2.0 a |
| Don Alano | KD1 | 21.1 ± 0.7 a | 0.0 ± 0.0 c | 0.0 ± 0.0 b | 19.3 ± 1.2 a | 92 ± 0.0 e |
| | KD2 | 20.3 ± 1.1 ab | 12.0 ± 2.9 b | 0.0 ± 0.0 b | 21.0 ± 2.6 a | 92 ± 0.0 e |
| | KD3 | 19.8 ± 1.1 ab | 19.9 ± 1.4 a | 2.7 ± 1.1 a | 21.1 ± 2.2 a | 97 ± 0.8 d |
| | KD4 | 20.3 ± 0.4 ab | 20.0 ± 1.7 a | 2.6 ± 0.5 ab | 19.6 ± 2.2 a | 97 ± 1.0 cd |
| | KD5 | 20.2 ± 1.1 ab | 16.9 ± 3.9 a | 2.9 ± 1.2 a | 19.3 ± 1.4 a | 98 ± 2.5 bcd |
| | KD6 | 19.1 ± 1.2 bc | 20.2 ± 2.0 a | 3.6 ± 1.6 a | 18.9 ± 0.9 a | 101 ± 2.1 ab |
| | KD7 | 19.2 ± 1.4 bc | 19.6 ± 1.6 a | 3.4 ± 0.8 a | 20.3 ± 2.1 a | 100 ± 2.8 abc |
| | KD10 | 17.9 ± 0.7 c | 18.7 ± 0.9 a | 3.1 ± 1.9 a | 18.1 ± 1.1 a | 102 ± 2.8 a |
| Bicolor Pink | KD1 | 18.4 ± 0.7 a | 0.0 ± 0.0 d | 0.0 ± 0.0 b | 15.7 ± 1.2 a | 92 ± 0.0 ab |
| | KD2 | 18.7 ± 1.4 a | 7.4 ± 4.4 c | 0.0 ± 0.0 b | 15.0 ± 2.0 a | 92 ± 0.0 ab |
| | KD3 | 15.4 ± 1.0 b | 26.1 ± 1.1 a | 10.9 ± 2.9 a | 13.4 ± 1.6 a | 91 ± 2.1 b |
| | KD4 | 15.1 ± 1.4 bc | 26.2 ± 2.4 a | 11.1 ± 3.2 a | 13.0 ± 1.3 a | 92 ± 2.1 ab |
| | KD5 | 15.7 ± 1.5 b | 25.3 ± 1.6 a | 10.9 ± 3.3 a | 15.3 ± 1.5 a | 95 ± 3.8 ab |
| | KD6 | 14.5 ± 0.7 bcd | 25.4 ± 1.1 a | 8.4 ± 0.5 a | 12.9 ± 0.9 a | 94 ± 1.9 ab |
| | KD7 | 13.6 ± 0.9 cd | 23.8 ± 0.5 ab | 9.3 ± 1.4 a | 14.0 ± 2.0 a | 94 ± 2.9 ab |
| | KD10 | 12.9 ± 0.8 d | 21.9 ± 1.1 b | 8.0 ± 0.0 a | 14.3 ± 1.3 a | 96 ± 3.4 a |
| Perfecta Yellow | KD1 | 20.6 ± 1.2 a | 0.0 ± 0.0 c | 0.0 ± 0.0 b | 20.0 ± 1.0 a | 92 ± 0.0 b |
| | KD2 | 20.6 ± 1.2 a | 0.0 ± 0.0 c | 0.0 ± 0.0 b | 18.7 ± 0.6 ab | 92 ± 0.0 b |
| | KD3 | 17.4 ± 0.9 b | 16.1 ± 0.9 ab | 3.1 ± 1.9 a | 16.9 ± 0.7 b | 96 ± 1.7 ab |
| | KD4 | 17.1 ± 0.7 b | 16.6 ± 1.6 a | 2.9 ± 0.9 a | 18.1 ± 1.1 ab | 97 ± 1.8 ab |
| | KD5 | 15.4 ± 1.7 c | 17.5 ± 1.7 a | 2.1 ± 0.4 ab | 17.9 ± 1.1 ab | 100 ± 2.5 a |
| | KD6 | 14.9 ± 1.1 cd | 17.4 ± 1.4 a | 2.6 ± 0.8 a | 18.3 ± 1.5 ab | 99 ± 2.7 a |
| | KD7 | 14.7 ± 0.6 cd | 15.1 ± 2.0 ab | 2.0 ± 1.0 ab | 18.7 ± 1.0 a | 100 ± 2.9 a |
| | KD10 | 13.3 ± 1.2 d | 14.0 ± 1.3 b | 2.6 ± 1.1 a | 18.6 ± 1.0 ab | 100 ± 3.6 a |

Data zijn gemiddelden van 7 herhalingen (9 voor lengte) en de standaarddeviatie. Binnen een ras zijn behandelingen niet significant verschillend van elkaar wanneer ze gevolgd worden door dezelfde letter (Tukey test; $\alpha = 0.05$). KD1 t/m KD 10 staat voor het aantal weken korte dag in de afkweek, met daarna LD (zie Tabel 5.3).

Tabel 5.4 (vervolg). Gegevens eind oogst per ras en behandeling.

| ras | behandeling | versgewicht (g) | | |
|-----------------|-------------|-----------------|---------------|---------------|
| | | bloemen | rest spruit | totaal spruit |
| Perfecta Red II | KD1 | 0.0 ± 0.0 d | 304 ± 4.9 a | 304 ± 5 a |
| | KD2 | 4.0 ± 0.3 d | 305 ± 21.9 a | 309 ± 22 a |
| | KD3 | 32.1 ± 6.2 b | 196 ± 27.5 b | 228 ± 26 b |
| | KD4 | 38.7 ± 3.1 ab | 196 ± 16.0 b | 234 ± 17 b |
| | KD5 | 38.9 ± 3.4 a | 202 ± 15.7 b | 240 ± 15 b |
| | KD6 | 36.3 ± 2.9 ab | 198 ± 12.6 b | 235 ± 15 b |
| | KD7 | 33.3 ± 4.9 ab | 200 ± 18.9 b | 233 ± 22 b |
| | KD10 | 24.9 ± 3.0 c | 209 ± 23.5 b | 234 ± 25 b |
| Don Cedro | KD1 | 0.0 ± 0.0 d | 359 ± 35.5 a | 359 ± 36 a |
| | KD2 | 6.4 ± 1.5 d | 342 ± 51.6 a | 348 ± 51 a |
| | KD3 | 35.6 ± 7.3 a | 228 ± 33.3 b | 264 ± 32 b |
| | KD4 | 35.6 ± 3.9 a | 181 ± 13.1 c | 217 ± 17 c |
| | KD5 | 33.1 ± 2.3 a | 184 ± 15.1 c | 217 ± 17 c |
| | KD6 | 31.4 ± 4.8 ab | 179 ± 22.6 c | 210 ± 27 c |
| | KD7 | 25.9 ± 2.6 bc | 177 ± 17.8 c | 203 ± 19 c |
| | KD10 | 23.2 ± 1.5 c | 175 ± 15.4 c | 198 ± 16 c |
| Don Justino | KD1 | 0.0 ± 0.0 e | 160 ± 9.5 a | 160 ± 9 ab |
| | KD2 | 7.9 ± 1.9 d | 173 ± 16.1 a | 181 ± 17 a |
| | KD3 | 34.4 ± 2.9 a | 124 ± 12.6 b | 158 ± 15 ab |
| | KD4 | 30.5 ± 3.0 ab | 110 ± 5.1 bc | 140 ± 6 bc |
| | KD5 | 33.8 ± 3.6 a | 110 ± 9.5 bc | 144 ± 14 bc |
| | KD6 | 28.9 ± 2.0 b | 104 ± 7.9 c | 133 ± 9 c |
| | KD7 | 28.9 ± 2.3 b | 107 ± 6.7 c | 135 ± 8 bc |
| | KD10 | 24.1 ± 2.7 c | 104 ± 13.5 c | 128 ± 16 c |
| Don Alano | KD1 | 0.0 ± 0.0 d | 328 ± 23.9 a | 328 ± 24 a |
| | KD2 | 30.7 ± 7.7 c | 227 ± 25.6 b | 258 ± 26 bc |
| | KD3 | 52.8 ± 6.6 a | 212 ± 17.4 bc | 264 ± 23 b |
| | KD4 | 45.7 ± 3.8 ab | 183 ± 18.6 cd | 229 ± 20 bcd |
| | KD5 | 37.3 ± 9.9 bc | 183 ± 25.8 cd | 220 ± 30 cde |
| | KD6 | 41.8 ± 3.3 bc | 166 ± 14.4 d | 208 ± 14 de |
| | KD7 | 41.8 ± 3.0 bc | 172 ± 14.7 d | 214 ± 16 cde |
| | KD10 | 35.2 ± 3.3 c | 153 ± 12.0 d | 188 ± 15 e |
| Bicolor Pink | KD1 | 0.0 ± 0.0 e | 168 ± 19.6 a | 168 ± 20 a |
| | KD2 | 13.1 ± 7.2 d | 168 ± 19.3 a | 181 ± 15 a |
| | KD3 | 31.0 ± 4.0 a | 88 ± 14.6 b | 119 ± 18 b |
| | KD4 | 26.9 ± 2.0 ab | 76 ± 7.1 bc | 103 ± 7 bc |
| | KD5 | 28.7 ± 3.1 a | 85 ± 11.4 bc | 114 ± 14 b |
| | KD6 | 26.5 ± 2.8 ab | 78 ± 8.1 bc | 104 ± 11 bc |
| | KD7 | 23.2 ± 2.9 bc | 74 ± 8.4 bc | 97 ± 11 bc |
| | KD10 | 20.4 ± 1.1 c | 68 ± 12.0 c | 88 ± 12 c |
| Perfecta Yellow | KD1 | 0.0 ± 0.0 c | 203 ± 7.9 a | 203 ± 8 a |
| | KD2 | 0.0 ± 0.0 c | 196 ± 19.2 a | 196 ± 19 ab |
| | KD3 | 27.1 ± 1.6 ab | 142 ± 9.2 b | 169 ± 10 bc |
| | KD4 | 28.9 ± 2.7 ab | 145 ± 9.3 b | 174 ± 10 abc |
| | KD5 | 30.9 ± 4.6 a | 146 ± 15.4 b | 177 ± 18 abc |
| | KD6 | 27.8 ± 3.6 ab | 132 ± 9.8 b | 160 ± 13 c |
| | KD7 | 25.1 ± 4.1 b | 142 ± 13.0 b | 167 ± 15 bc |
| | KD10 | 23.5 ± 3.1 b | 144 ± 15.8 b | 168 ± 18 bc |

Data zijn gemiddelden van 7 herhalingen en de standaarddeviatie. Binnen een ras zijn behandelingen niet significant verschillend van elkaar wanneer ze gevolgd worden door dezelfde letter (Tukey test; $\alpha = 0.05$). KD1 t/m KD 10 staat voor het aantal weken korte dag in de afkweek, met daarna LD (zie Tabel 5.3).

Tabel 5.5. Effect van overschakelen naar LD na 4 weken KD (KD4) op bloemgewicht en spuitgewicht, ten opzichte van de hele teelt onder KD (KD10).

| | behandeling | totaal lichtsom (mol/m ²) | relatief lichtsom | relatief bloemgewicht | relatief spuitgewicht | efficiëntie (g FW/mol PARsom) |
|-----------------|-------------|---|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Perfecta Red II | KD4 | 676 | 117 | 155 | 100 | 0.35 |
| | KD10 | 578 | 100 | 100 | 100 | 0.41 |
| Don Cedro | KD4 | 690 | 115 | 153 | 109 | 0.31 |
| | KD10 | 599 | 100 | 100 | 100 | 0.33 |
| Don Justino | KD4 | 692 | 115 | 126 | 109 | 0.20 |
| | KD10 | 602 | 100 | 100 | 100 | 0.21 |
| Don Alano | KD4 | 738 | 113 | 131 | 122 | 0.31 |
| | KD10 | 654 | 100 | 100 | 100 | 0.29 |
| Bicolor Pink | KD4 | 657 | 113 | 140 | 117 | 0.16 |
| | KD10 | 581 | 100 | 100 | 100 | 0.15 |
| Perfecta Yellow | KD4 | 703 | 116 | 123 | 104 | 0.25 |
| | KD10 | 605 | 100 | 100 | 100 | 0.28 |

Perfecta Red II



Don Cedro



Figuur 5.3. Vooraanzicht bij eindogst.

Don Justino

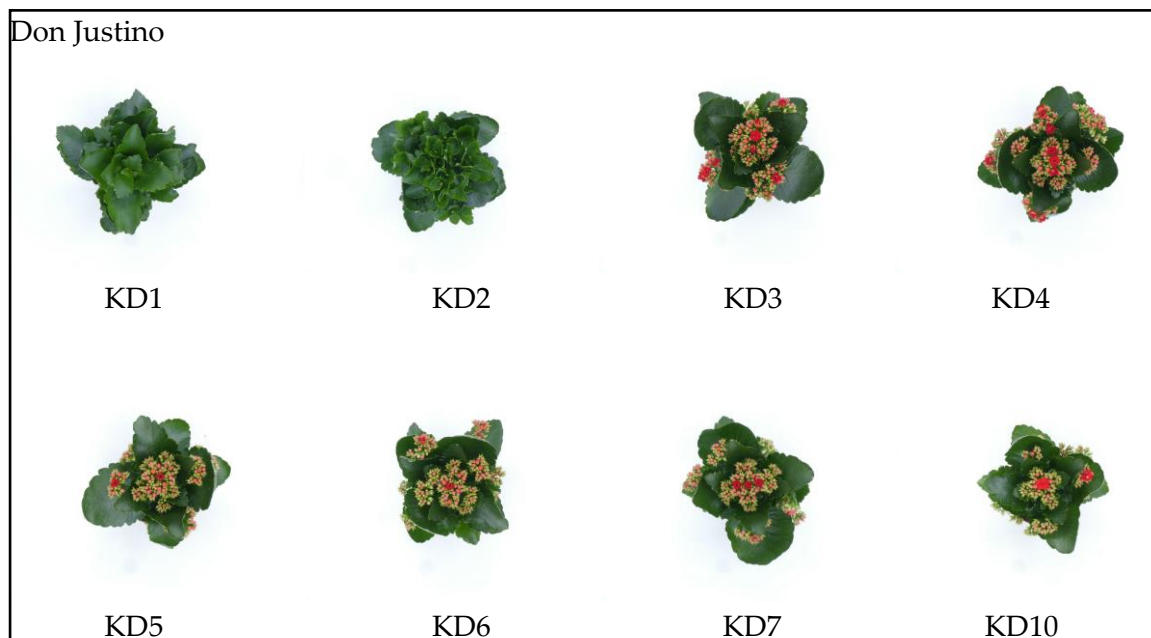
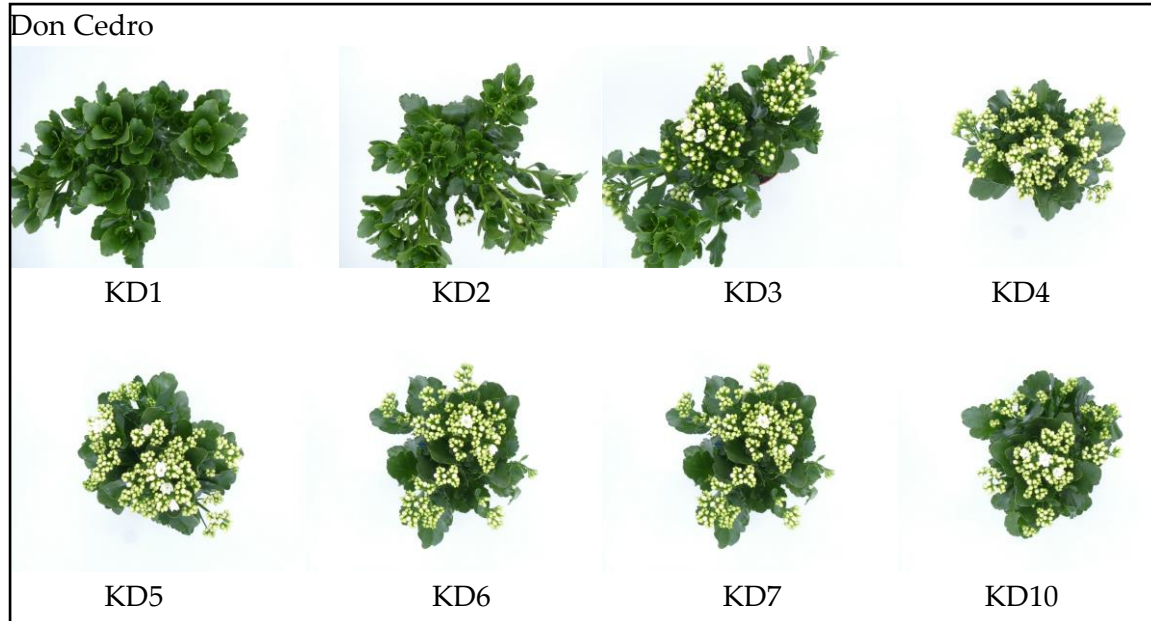


Figuur 5.3 (vervolg). Vooraanzicht bij eindoogst.

Perfecta Red II



Figuur 5.4. Bovenaanzicht bij eindoogst.



Figuur 5.4 (vervolg). Bovenaanzicht bij eindogst.

5.3 Conclusies

- Voor voldoende goede bloei in de getoetste zes kalanchoë cultivars zijn minstens 4 weken korte-dag (KD) nodig.
- Na 4 weken KD kan overgeschakeld worden naar LD in de afkweek, zonder dat de bloei verstoord wordt en zonder dat de teelt vertraagd wordt.
- Er waren meer bloemknoppen wanneer na 4-5 weken KD werd overgeschakeld naar LD dan wanneer de hele afkweek onder KD was. Hierbij was de lichtsom onder LD wel hoger.
- Het extra licht onder LD lijkt goed benut te worden: in de meeste rassen bleef efficiëntie gelijk, was er meer versgewicht en in alle rassen was er meer bloem- en knopgewicht.

6 Proefronde 6 – Lichtintensiteit en daglengte

De hoofdvraag van proefronde 6 was: Kan kalanchoë minder belicht worden onder lange-dag (LD) in de afkweek, na een periode van 4 weken korte-dag (KD) voor voldoende inductie van de bloei? Immers, in de vorige proefronde bleef de lichtintensiteit na omschakelen van KD naar LD gelijk, en ontvingen de planten dus een hogere lichtsom onder LD. In deze proefronde is teelt onder KD vergeleken met LD met een lagere lichtintensiteit met dezelfde lichtsom per dag.

De vorige proefronde liet zien dat het extra licht in LD zichtbaar werd benut omdat versgewicht ook toenam. Naar aanleiding daarvan is in deze ronde fotosynthese over een etmaal bepaald bij KD en LD. De vraag was of het extra licht werd gebruikt voor fotosynthese en daarmee het vastleggen van extra suikers.

De vraag is verder of (en wanneer) de groeisnelheid van kalanchoë afneemt aan het einde van de teelt. Als er nauwelijks meer een toename van gewicht is in de laatste teeltweken, dan is er mogelijk ook minder belichting nodig. In een teelt in de praktijk werd een groeicurve bepaald. Kalanchoë planten van verschillende leeftijd werden gelijktijdig geoogst en versgewicht en drooggewicht werden bepaald van de bovengrondse delen. De rassen Don Cedro en Don Justino van KP Holland werden gebruikt. Per plantweek vanaf stek tot rijpheid werden steeds 6 planten per ras geoogst.

6.1 Materiaal en methoden

Tabel 6.1 en 6.2 bevatten de setpoints en tijdlijn van proefronde 6. Tabel 6.3 bevat de behandelingen van de proef. De planten werden belicht met LED met hetzelfde spectrum en winterdaglicht als in proefronde 3. In alle behandelingen werd eerst opgekweekt onder LD en vervolgens 4 weken lang KD gegeven met hoge lichtintensiteit ($110 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ bijbelichting en een lichtsom van $6.3 \text{ mol}/\text{m}^2/\text{dag}$). In de KD-behandelingen werd de verdere afkweek onder KD uitgevoerd bij twee verschillende lichtintensiteiten. In de LD behandelingen werd na de 4 weken KD overgeschakeld naar LD, ook onder dezelfde twee lichtintensiteiten. De LD behandeling met de hoge lichtintensiteit en hoogste lichtsom, LD HL, was een herhaling van behandeling KD4 uit de vorige proefronde. De LD behandeling met de lage lichtintensiteit, LD LL, kreeg dezelfde lichtsom over de hele teelt als de KD-behandeling met de hoge lichtintensiteit, KD HL. Alle behandelingen werden in tweevoud uitgevoerd. In twee klimaatcabines met de behandelingen KD HL en LD HL werd meeldauw gevonden en bleken de planten korter en minder zwaar te zijn dan in de andere twee cabines zonder meeldauw met dezelfde behandelingen. Alleen de gegevens van de gezonde planten zijn gebruikt. De proef werd gestart 17 november 2021, hoewel het seizoen verder niet relevant is in de klimaatkamer.

Tabel 6.1. Setpoints van proefronde 6.

| Parameter | Waarde |
|------------------|--|
| Plantmateriaal | Kalanchoë Perfecta Red II, Don Justino, Don Alano, Don Amarillo, Lipstick en Perfecta Yellow |
| Temperatuur | 21.5°C etmaal (22/20.5°C D/N) |
| Luchtvochtigheid | 70/75% D/N |
| CO ₂ | 600 ppm |
| Plantdichtheid | Bij start 83 planten/m ² en 5 weken na start 45 planten/m ² met potten van 12 cm diameter. |

Tabel 6.2. Tijdslijn proefronde 6.

| Dagen na start | Gebeurtenis |
|----------------|--|
| -7 | Don Cedro stekken geplant LD 16 u/d 110 µmol m ² /s LED belichting* en 8 u/d 80 µmol m ² /s zonlicht |
| 0 | Stekken andere rassen geplant start proef |
| 21 | KD 10 u/d 110 µmol m ² /s LED-belichting en 8 u/d 80 µmol m ² /s zonlicht |
| 35 | Dichtheid verlaagd naar 45 planten/m ² |
| 49 | Start behandelingen lichtintensiteit en daglengte (Tabel 6.3). |
| 83-103 | Destructieve eindmeting |

*NB. De intensiteit had lager moeten zijn in LD opkweek zoals in de andere proeven.

Tabel 6.3. Behandelingen van proefronde 6. Alle behandelingen ontvingen ook winterdaglicht. De eerste 4 weken van de korte-dag waren alle behandelingen gelijk (KD 110 µmol/m²/s LED bijbelichting), daarna zijn de verschillende behandelingen ingezet.

| Behandeling na 4 weken KD | Beschrijving | Intensiteit LED afkweek (µmol/m ² /s) | Lichtsom hele teelt LED – totaal (mol/m ²) |
|---------------------------|-----------------------|--|--|
| KD LL | KD afkweek laag licht | 69 | 348 – 558 |
| KD HL | KD afkweek hoog licht | 110 | 410 – 620 |
| LD LL | LD afkweek laag licht | 69 | 410 – 620 |
| LD HL | LD afkweek hoog licht | 110 | 510 – 720 |

6.1.1 Fotosynthese-metingen

Planten van het ras Don Amarillo werden gemeten twee weken voor eind oogst in de behandelingen KD HL en LD HL. Een draagbaar fotosynthese-apparaat (Li-6400, LI-COR) werd gebruikt. Een blaadje werd ingeklemd in de meetkop van het apparaat en belicht met eenzelfde lichtintensiteit over de dag als de lichtbehandeling, over een periode van een etmaal. Gasuitwisseling en chlorofyl-fluorescentie werden gemeten. Het apparaat werd aangesloten op een CO₂-cilinder om over deze periode gasuitwisseling bij constante referentie-CO₂-concentratie van 700 ppm te kunnen meten. Bladtemperatuur was 21°C. Na het inklemmen werd de klimaat-cabine zoveel mogelijk weer afgesloten om een gelijk klimaat te houden, waarbij de meetkop van het apparaat uit de cabine stak. Er werden vier herhalingen per behandeling uitgevoerd.

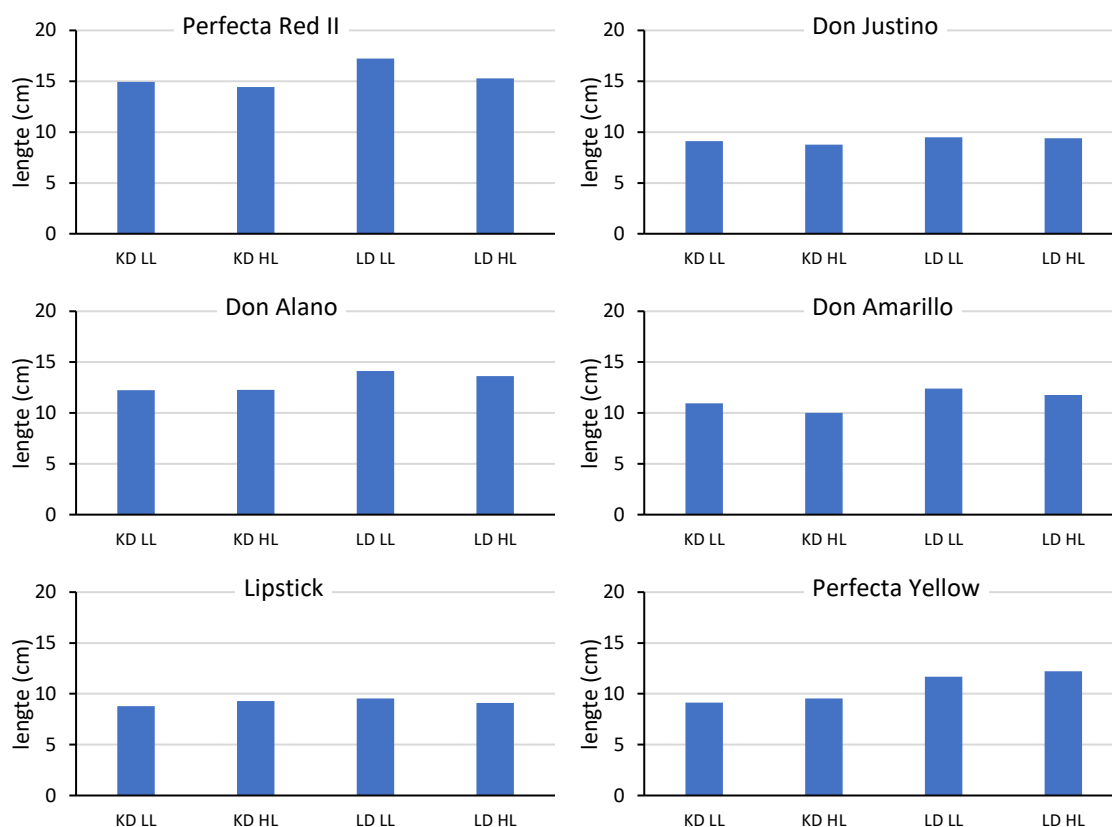
6.1.2 Groeicurve

In een teelt in de praktijk werd een groeicurve bepaald. Er zijn gelijktijdig verschillende plantstadia geoogst, van net opgepotte stek tot 13 à 14 weken geleden opgepotte planten die

oogstrijp waren. Per plantweek zijn 6 planten per ras geoogst. De oogst werd gedaan bij KP Holland in februari 2021, zodat planten onder belichting met winterdaglicht waren geteeld bij een relatief stabiel klimaat. Het versgewicht en drooggewicht werd bepaald van de bovengrondse delen. De rassen Don Cedro en Don Justino van KP Holland werden gebruikt.

6.2 Resultaten

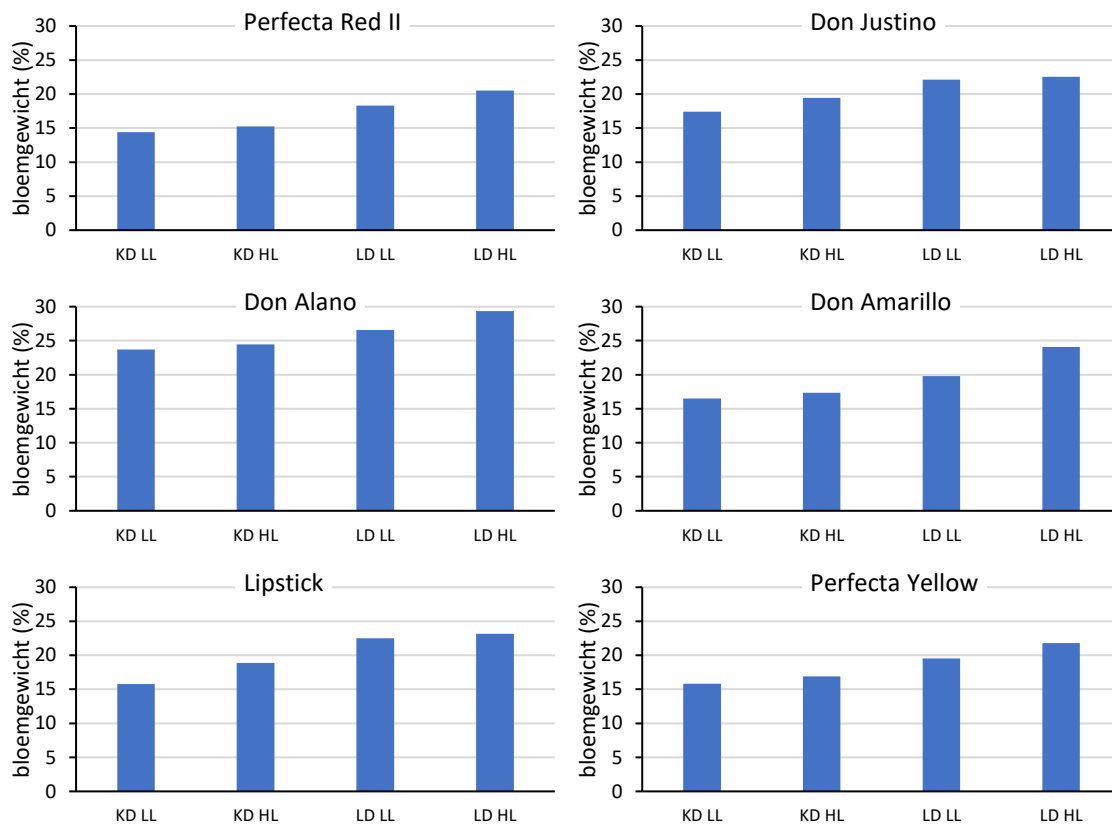
Bij een aantal rassen werden planten langer onder LD in de afkweek dan onder KD in de afkweek (Fig. 6.1). In de LD-behandelingen werd na 4 weken KD overgeschakeld naar LD. Vooral LD met lage lichtintensiteit (LD LL) gaf wat langere planten. Over het algemeen waren de planten korter dan in de vorige proefronde. Mogelijk werd dit veroorzaakt door een hogere lichtintensiteit ($110 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) in de opkweek in deze proefronde.



Figuur 6.1. Plantlengte zonder pot voor eindogst 85 dagen na start. Data zijn gemiddelden van 9 (KD LL, LD LL)-18 (KD HL, LD HL) planten. Behandelingen (na 4 weken gelijke belichting bij KD): KD LL, korte dag afkweek laag licht; KD HL, korte dag afkweek hoog licht; LD LL, lange dag afkweek laag licht; LD HL, lange dag afkweek hoog licht (zie Tabel 6.3).

Het percentage bloemgewicht ten opzichte van het totale bovengrondse versgewicht was hoger in de LD-behandelingen dan KD-behandelingen (Fig. 6.2). Opvallend was dat het percentage bloemgewicht ook hoger was in LD LL dan KD HL, bij een gelijke lichtsom over de gehele teelt. Spruitgewicht liet een trend zien van toename naarmate de lichtsom hoger was (Tabel 6.4). Het gewicht van bloemen (en knoppen) nam sterker toe met de lichtsom. Dit was zichtbaar bij eindogst: plantvorm en grootte van het bloemscherf was het mooist in LD HL met de hoogste lichtsom (Fig. 6.3 en 6.4). Een belangrijke observatie was dat planten dus goed onder LD kunnen worden afgekweekt: het percentage bloemgewicht in LD LL was hoger dan onder KD HL met dezelfde lichtsom. De wat grotere lengte van de planten bij LD

LL bij sommige rassen kan wel een nadeel zijn. Foto's van de overige rassen staan in Bijlage Proefronde 6.



Figuur 6.2. Bloemgewicht inclusief knoppen als percentage van het totale spruitgewicht bij eind oogst. Data zijn gemiddelden van 7 (KD LL, LD LL)-14 (KD HL, LD HL) planten. Behandelingen: KD LL, korte dag afweek laag licht; KD HL, korte dag afweek hoog licht; LD LL, lange dag afweek laag licht (na 4 weken KD); LD HL, lange dag afweek hoog licht (zie Tabel 6.3). Nb. In proefronde 7 is te zien dat knoppen en bloemen een hoger percentage drooggewicht hebben dan de rest van de spruit. Het vergt dus meer suikers om bloemen en knoppen te maken.

Tabel 6.4. Gegevens eind oogst per ras en behandeling.

| ras | behandeling | lengte (cm) | % bloemgewicht | # open bloemen | # zijscheuten | teeltduur (d) |
|-----------------|-------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Perfecta Red II | KD LL | 14.9 ± 0.8 b | 14.4 ± 1.4 c | 3.9 ± 0.8 a | 11.9 ± 1.3 a | 96 ± 2.2 a |
| | KD HL | 14.4 ± 0.9 b | 15.3 ± 0.7 c | 5.3 ± 2.0 a | 12.1 ± 1.9 a | 95 ± 2.4 ab |
| | LD LL | 17.2 ± 0.7 a | 18.3 ± 1.1 b | 4.4 ± 1.2 a | 11.9 ± 1.5 a | 94 ± 2.2 b |
| | LD HL | 15.3 ± 1.1 b | 20.5 ± 1.8 a | 4.3 ± 1.8 a | 10.7 ± 1.6 a | 91 ± 2.1 b |
| Don Justino | KD LL | 9.1 ± 0.5 a | 17.4 ± 0.8 c | 4.0 ± 1.1 a | 16.3 ± 1.7 a | 91 ± 1.5 a |
| | KD HL | 8.8 ± 0.6 a | 19.4 ± 1.2 b | 5.3 ± 2.1 a | 16.6 ± 1.1 a | 89 ± 0.5 b |
| | LD LL | 9.5 ± 1.0 a | 22.1 ± 1.6 a | 4.6 ± 1.9 a | 16.8 ± 1.2 a | 89 ± 1.1 b |
| | LD HL | 9.4 ± 0.5 a | 22.5 ± 1.3 a | 5.9 ± 3.8 a | 17.4 ± 1.4 a | 89 ± 1.9 b |
| Don Alano | KD LL | 12.3 ± 0.8 b | 23.7 ± 1.7 c | 4.0 ± 1.3 a | 14.2 ± 1.1 a | 102 ± 2.2 a |
| | KD HL | 12.3 ± 0.6 b | 24.5 ± 2.1 bc | 3.0 ± 0.6 a | 13.9 ± 1.6 a | 98 ± 1.7 b |
| | LD LL | 14.1 ± 0.7 a | 26.6 ± 1.4 b | 4.0 ± 1.0 a | 13.2 ± 1.3 a | 97 ± 1.2 b |
| | LD HL | 13.6 ± 0.8 a | 29.4 ± 1.6 a | 4.0 ± 0.8 a | 14.3 ± 1.4 a | 95 ± 3.2 c |
| Don Amarillo | KD LL | 10.9 ± 0.9 bc | 16.5 ± 1.4 c | 5.0 ± 2.5 a | 10.7 ± 2.2 a | 87 ± 2.5 a |
| | KD HL | 10.0 ± 0.6 c | 17.3 ± 1.4 bc | 4.3 ± 1.1 a | 12.0 ± 2.6 a | 84 ± 1.1 b |
| | LD LL | 12.4 ± 1.0 a | 19.8 ± 1.3 b | 5.4 ± 2.4 a | 11.0 ± 1.4 a | 85 ± 1.6 ab |
| | LD HL | 11.8 ± 1.4 ab | 24.1 ± 5.0 a | 5.6 ± 1.0 a | 12.4 ± 2.3 a | 84 ± 0.8 b |
| Lipstick | KD LL | 8.8 ± 0.5 b | 15.8 ± 1.9 c | 10.0 ± 3.0 b | 14.4 ± 1.5 a | 90 ± 1.8 a |
| | KD HL | 9.3 ± 0.5 ab | 18.9 ± 1.2 b | 14.6 ± 6.3 ab | 15.9 ± 1.1 a | 88 ± 1.9 b |
| | LD LL | 9.6 ± 0.9 a | 22.5 ± 2.0 a | 17.9 ± 6.4 a | 14.7 ± 1.5 a | 89 ± 0.5 ab |
| | LD HL | 9.1 ± 0.5 ab | 23.2 ± 2.5 a | 19.7 ± 4.9 a | 15.7 ± 1.8 a | 89 ± 0.0 ab |
| Perfecta Yellow | KD LL | 9.1 ± 0.7 b | 15.8 ± 0.9 c | 3.1 ± 1.2 a | 15.9 ± 1.4 b | 98 ± 1.6 a |
| | KD HL | 9.6 ± 0.6 b | 16.9 ± 1.1 c | 3.0 ± 0.6 a | 16.6 ± 1.1 b | 95 ± 2.8 c |
| | LD LL | 11.7 ± 0.8 a | 19.6 ± 1.2 b | 3.5 ± 0.8 a | 16.5 ± 1.3 b | 97 ± 1.9 ab |
| | LD HL | 12.2 ± 1.3 a | 21.8 ± 2.3 a | 4.4 ± 1.6 a | 18.6 ± 1.5 a | 95 ± 1.8 bc |

| ras | behandeling | versgewicht (g) | | |
|-----------------|-------------|-----------------|---------------|---------------|
| | | bloemen | rest spruit | totaal spruit |
| Perfecta Red II | KD LL | 20.0 ± 1.8 c | 120 ± 12.1 a | 140 ± 13 a |
| | KD HL | 21.4 ± 3.2 bc | 118 ± 14.1 ab | 140 ± 17 a |
| | LD LL | 24.1 ± 2.7 b | 107 ± 8.8 b | 131 ± 11 a |
| | LD HL | 30.0 ± 2.5 a | 117 ± 9.7 ab | 147 ± 11 a |
| Don Justino | KD LL | 17.3 ± 1.3 d | 82 ± 4.8 ab | 99 ± 6 b |
| | KD HL | 19.4 ± 1.4 c | 81 ± 8.1 ab | 100 ± 9 b |
| | LD LL | 21.8 ± 1.5 b | 77 ± 4.5 b | 98 ± 5 b |
| | LD HL | 25.9 ± 2.1 a | 89 ± 8.3 a | 115 ± 10 a |
| Don Alano | KD LL | 32.0 ± 3.2 c | 103 ± 10.7 b | 135 ± 13 b |
| | KD HL | 32.6 ± 3.3 c | 101 ± 9.1 b | 133 ± 11 b |
| | LD LL | 37.5 ± 2.5 b | 104 ± 7.6 b | 141 ± 9 b |
| | LD HL | 48.7 ± 2.7 a | 118 ± 12.8 a | 166 ± 15 a |
| Don Amarillo | KD LL | 14.1 ± 1.9 c | 71 ± 8.6 a | 85 ± 10 a |
| | KD HL | 15.1 ± 2.1 bc | 72 ± 8.3 a | 87 ± 10 a |
| | LD LL | 16.5 ± 1.7 b | 67 ± 8.7 a | 84 ± 10 a |
| | LD HL | 21.2 ± 3.7 a | 68 ± 14.0 a | 89 ± 15 a |
| Lipstick | KD LL | 15.4 ± 2.3 c | 84 ± 15.6 a | 100 ± 17 a |
| | KD HL | 19.4 ± 2.3 b | 83 ± 7.8 a | 103 ± 10 a |
| | LD LL | 22.4 ± 1.7 ab | 78 ± 11.8 a | 100 ± 13 a |
| | LD HL | 25.3 ± 3.9 a | 84 ± 12.8 a | 110 ± 15 a |
| Perfecta Yellow | KD LL | 22.4 ± 2.6 c | 119 ± 16.7 a | 142 ± 19 b |
| | KD HL | 23.6 ± 3.2 c | 116 ± 8.3 a | 139 ± 11 b |
| | LD LL | 29.7 ± 1.8 b | 122 ± 10.4 a | 152 ± 11 ab |
| | LD HL | 36.4 ± 5.6 a | 130 ± 14.3 a | 167 ± 18 a |

Data zijn gemiddelden van 7 (KD LL, LD LL)-14 (KD HL, LD HL) planten (9-18 respectievelijk voor lengte) en de standaarddeviatie. Binnen een ras zijn behandelingen niet significant verschillend van elkaar wanneer ze gevolgd worden door dezelfde letter (Tukey test; $\alpha = 0.05$). Nb. in proefronde 7 is te zien dat knoppen en bloemen een hoger percentage drooggewicht hebben dan de rest van de spruit.

Perfecta Red II



Don Justino



Figuur 6.3. Vooraanzicht bij eindooft.

Perfecta Red II



Don Justino



Figuur 6.4 Bovenaanzicht bij eindooft.

6.2.1 Fotosynthese

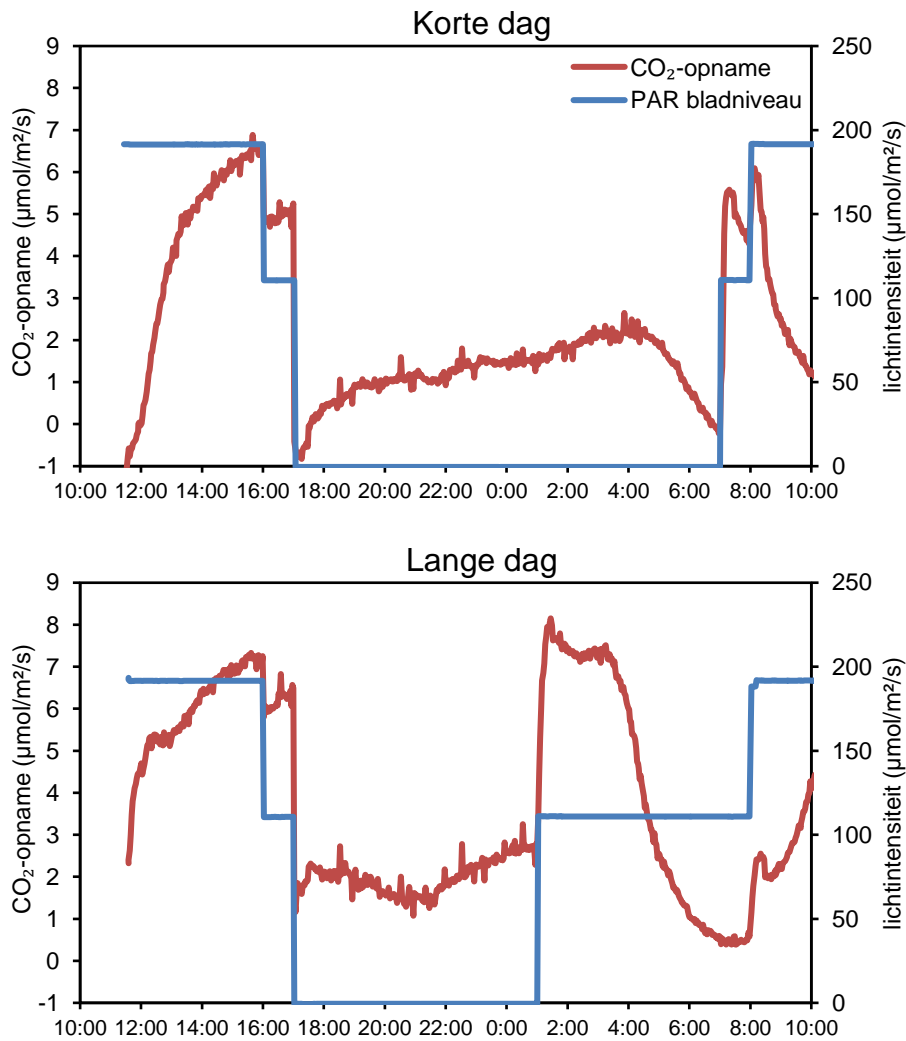
Kalanchoë is een CAM-plant die gedurende de korte-dag fase omschakelt van C3 naar een toenemende mate van CAM-fotosynthese (zie meer hierover in Trouwborst et al. 2018). In het geval van CAM zijn 's nachts de huidmondjes open, wordt CO₂ vastgelegd in de vorm van organisch zuur (malaat), dat vervolgens overdag benut wordt voor fotosynthese terwijl de huidmondjes dicht blijven en er geen (of nauwelijks) CO₂ wordt opgenomen. Bij CAM-plant *Phalaenopsis* draagt licht vanaf ongeveer 12 uur na start van de dag niet meer bij aan de fotosynthese, omdat CO₂ dan via het enzym PEP-C lichtonafhankelijk gebonden wordt en opgeslagen in de vorm van malaat (Hogewoning et al. 2021). De vraag is of bij kalanchoë iets vergelijkbaars geldt: een langere daglengte na 4 weken KD verstoort weliswaar de bloei niet meer, maar dragen de extra uren licht onder LD wel bij aan de fotosynthese en groei?

Fotosynthese over een etmaal is gemeten in planten van Don Amarillo enkele weken voor eindoogst (Fig. 6.5). De behandelingen KD HL en LD HL werden vergeleken. Het patroon van CO₂-opname over de dag liet eigenschappen zien van CAM-fotosynthese met een uitgesproken CAM-fase II (ochtend) en IV (namiddag) waarin via C3-fotosynthese CO₂ werd vastgelegd. Zodra het licht aan ging was er een toename in CO₂-opname, typisch voor C3-fotosynthese. In de extra uren belichting in LD werd er zo meer CO₂ vastgelegd tussen 01:00 en 05:00 uur dan onder KD (Fig. 6.5). Na enkele uren in het licht daalde de CO₂-opname, terwijl het electronentransport hoog bleef (Fig. 6.6). Dat is typisch voor CAM, op die uren komt het CO₂ dat gedurende de nacht opgeslagen is in de vorm malaat namelijk vrij en wordt met behulp van de energie uit licht omgezet in assimilaten.

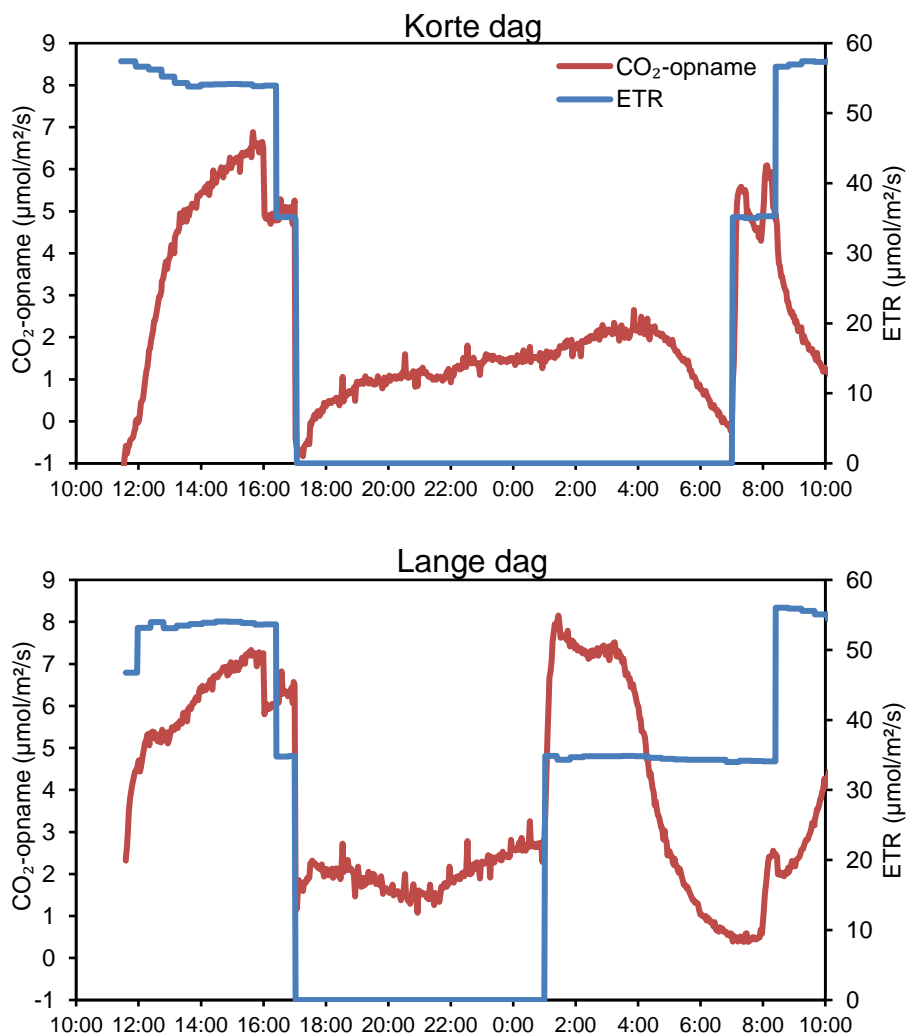
Over een periode van 24 uur was er een hogere CO₂-opname in LD HL dan KD HL (Tabel 6.5). In LD HL was de CO₂-opname 1.5 keer die van KD HL, wat redelijk overeenkomt met de hogere lichtsom per dag voor LD HL van 1.4 keer die van KD HL. De hogere fotosynthese vertaalde zich in Don Amarillo niet in een hoger versgewicht van de spruit, maar wel in een hoger versgewicht van bloemen en knoppen. In proefronde 7 is te zien dat knoppen en bloemen een hoger percentage drooggewicht hebben dan de rest van de spruit. Het vergt dus meer suikers om bloemen en knoppen te maken. Na vier weken overschakelen van een korte- naar een lange-dag in de afkweek leidde zo tot een betere plantkwaliteit.

Tabel 6.5. Effect van daglengte in de afkweek op fotosynthese, lichtsom en gewicht van planten van het ras Don Amarillo (n=4) voor de twee behandelingen KD HL en LD HL.

| | KD HL | LD HL | Verhouding LD/KD |
|---|-------|-------|------------------|
| CO ₂ -opname per etmaal (mol CO ₂ /24u) | 0.21 | 0.32 | 1.5 |
| Lichtsom etmaal (mol/m ² /d) na 4 weken KD | 6.3 | 8.6 | 1.4 |
| Lichtsom hele teelt (mol/m ²) | 620 | 720 | 1.16 |
| Versgewicht spruit (g) | 87 | 89 | 1.03 |
| Versgewicht bloemen en knoppen (g) | 15.1 | 21.2 | 1.40 |



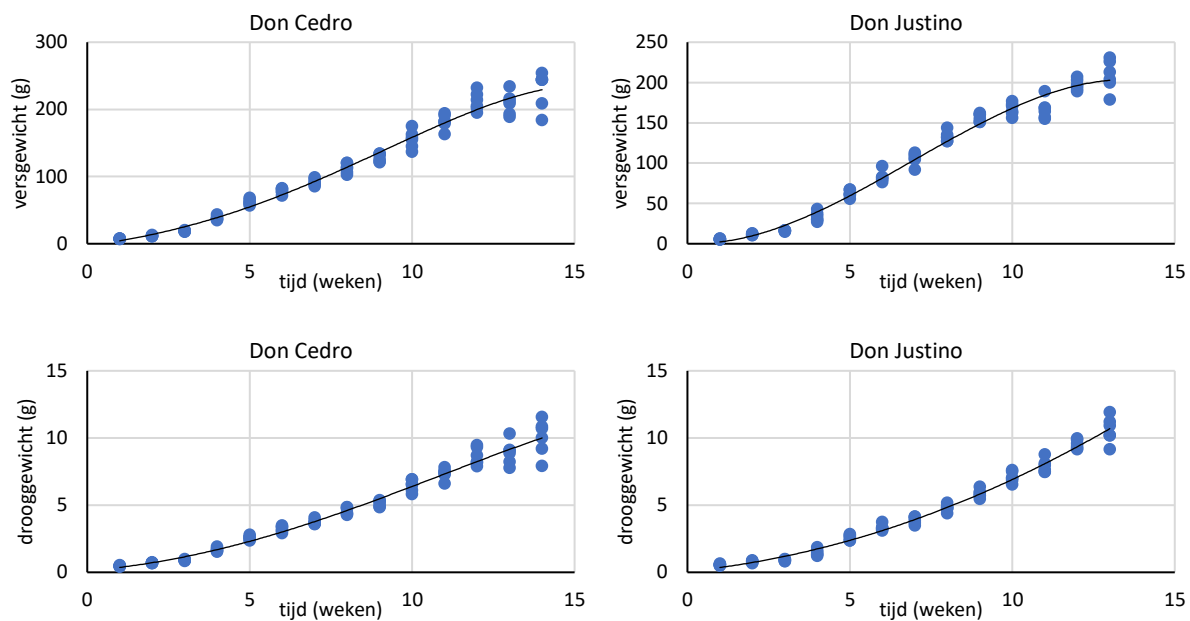
Figuur 6.5. Verloop van fotosynthese over een etmaal in behandelingen KD HL (boven) of LD HL (onder) tijdens de afkweek. Gegevens zijn representatief voor een plant van het ras Don Amarillo 10 weken na start van de proef. Vooral tussen 01:00 en 05:00 uur wordt het extra licht in LD benut voor extra CO₂-opname ten opzichte van KD.



Figuur 6.6. Verloop van electronentransportsnelheid (ETR) en fotosynthese over een etmaal in behandelingen KD HL (boven) of LD HL (onder) tijdens de afkweek. Gegevens zijn representatief voor een plant van het ras Don Amarillo 10 weken na start van de proef. Enkele uren nadat het licht aangaat daalt de CO₂-opname terwijl ETR hoog blijft. De plant schakelt dan (gedeeltelijk) over naar CAM-fotosynthese.

6.2.2 Groeicurve

De groeicurve werd bepaald van de rassen Don Cedro en Don Justino geteeld onder belichting in de praktijk. Er zijn gelijktijdig verschillende plantstadia geoogst, van net opgepotte stek tot 13 à 14 weken geleden opgepotte planten die oogstrijp waren. Aan het eind van de teelt vanaf ongeveer 12 weken vlakte de groei af, maar kwam niet tot stilstand in Don Cedro (Fig. 6.7). Don Justino liet ook een afvlakking in toename van het versgewicht zien vanaf ongeveer 11 weken. Echter, het drooggewicht van de spruit van beide rassen bleef toenemen over de hele teelt. De planten komen dus zeker niet tot stilstand later in de teelt. Voldoende belichting in de laatste teeltweken is waarschijnlijk dus zinvol.



Figuur 6.7. Verloop van versgewicht en drooggewicht van de spruit (bovengronds gedeelte plant) van twee rassen over de hele teelt. Er zijn gelijktijdig verschillende plantstadia geoogst. Per teeltweek zijn er 6 herhalingen (blauwe symbolen). De zwarte lijn is een trendlijn met polynomiale functie die de data zo goed mogelijk beschrijft ($R^2 > 0.97$).

6.3 Conclusies

- Afkweek na 4 weken KD in LD levert ondanks wat langere planten een goede plantkwaliteit op met meer bloemen dan wanneer de hele afkweek onder KD wordt gedaan.
- Afkweek na 4 weken KD onder LD met een hoge lichtintensiteit gaf de beste plantkwaliteit, beter dan KD-behandelingen of LD met lage lichtintensiteit.
- Met dezelfde lichtsom waren er meer bloemen onder LD dan KD in de afkweek.
- Het extra licht in LD t.o.v. KD werd benut voor fotosynthese.
- De extra fotosynthese in LD leverde in Don Amarillo nauwelijks meer bovengronds versgewicht op maar wel meer bloemen/knoppen, wat gunstig is voor plantkwaliteit.
- Over de hele teelt blijft het drooggewicht van de planten toenemen en is voldoende belichting waarschijnlijk zinvol.

7 Proefronde 7 – Verrood en besparen op energie

In proefronde 7 werden voor kalanchoë twee vragen onderzocht:

Als eerste: wat is de minimale intensiteit verrood in de belichting die nodig is voor een goede plantvorm en bloei in winterse omstandigheden? Eerder werd in proefronde 1 en 2 gevonden dat $10 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ verrood bij een belichting van $110 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ LED (dus 9%) voldoende was. Kan het nog lager? Om dit te onderzoeken is belicht met 0% verrood, en met 4.5% en 9% verrood bij hoge en lage lichtintensiteit.

Als tweede: is energiebesparing mogelijk door zonlicht beter te benutten in de afkweek onder LD (na 4 weken KD voor bloeiïnductie)? Afhankelijk van de natuurlijke daglengte zou meer gebruik gemaakt kunnen worden van zonlicht wat anders weggeschermd zou worden. In de vorige proefronde 6 waren er meer knoppen en bloemen bij afkweek bij LD dan bij KD met dezelfde lichtsom. Is bij afkweek onder LD de plantkwaliteit even goed wanneer zonlicht wordt gebruikt in plaats van LED-belichting op een groot deel van de dag?

7.1 Materiaal en methoden

Tabel 7.1 en 7.2 bevatten de setpoints en tijdlijn van proefronde 7. Tabel 7.3 bevat de behandelingen met verrood, waarbij de afkweek onder KD plaatsvond. In drie andere behandelingen (Tabel 7.4) in dezelfde proefronde werd overgeschakeld naar LD na 4 weken KD. De behandeling LD LL (lange dag laag licht) was een herhaling van de vorige proefronde 6. Er werd onderzocht wat het effect was van grotendeels zonlicht in plaats van LED-belichting bij eenzelfde lichtsom als LD LL. Ook werd in de vegetatieve fase van de opkweek bij LD aan het begin van de teelt het effect onderzocht van een lagere lichtintensiteit. Behalve het verrood was het lichtspectrum hetzelfde als in proefronde 3. De proef werd gestart 12 april 2022, hoewel het seizoen verder niet relevant is in de klimaatkamer.

Tabel 7.1. Setpoints van proefronde 7.

| Parameter | Waarde |
|------------------|--|
| Plantmateriaal | Perfecta Red II, Don Cedro, Don Justino, Don Alano, Don Amarillo en Lipstick |
| Temperatuur | 21.5°C etmaal (22/20.5°C D/N) |
| Luchtvochtigheid | 70/75% D/N |
| CO ₂ | 600 ppm |
| Plantdichtheid | Bij start 83 planten/m ² en 5 weken na start 45 planten/m ² met potten van 12 cm diameter. |

Tabel 7.2. Tijdlijn proefronde 7.

| Dagen na start | Gebeurtenis |
|----------------|---|
| 0 | Stekken geplant start proef LD 16 u/d $55 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ LED-belichting en 8 u/d $80 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ zonlicht start behandeling laag licht (LD sLL; Tabel 7.4) |
| 21 | KD 10 u/d $110 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ LED-belichting en 8 u/d $80 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ zonlicht Verrood lichtbehandelingen gestart (Tabel 7.3) |
| 35 | Dichtheid verlaagd naar 45 planten/m ² |
| 49 | LD behandelingen (Tabel 7.4) overgeschakeld naar LD |
| 80-98 | Destructieve eindmeting |

Tabel 7.3. Behandelingen LED-belichting met verrood van proefronde 7. Alle behandelingen ontvingen ook winterdaglicht.

| Behandeling | Beschrijving | Intensiteit PAR LED afkweek ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) | Verrood (% van PAR) | Intensiteit verrood ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) | Lichtsom ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$) |
|------------------------|---|---|---------------------|---|---|
| VR 9% | KD hoog licht met 9% verrood | 110 | 9 | 10 | 6.3 |
| VR 4.5% | KD hoog licht met 4.5% verrood | 110 | 4.5 | 5 | 6.3 |
| VR 5 μmol | KD laag licht met 5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ verrood | 55 | 9 | 5 | 4.3 |
| VR 2.5 μmol | KD laag licht met 2.5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ verrood | 55 | 4.5 | 2.5 | 4.3 |
| VR 0 | KD hoog licht zonder verrood | 110 | 0 | 0 | 6.3 |

Door twee verschillende percentages verrood (4.5% en 9%) bij twee verschillende lichtintensiteiten PAR (55 en 110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) te kiezen, ontstaan drie verschillende intensiteiten verrood (2.5, 5.0 en 10 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ verrood). Daarnaast is er nog de controle zonder verrood. Op deze manier wordt ook getoetst of het effect van verrood op groei en strekking meer bepaald wordt door de absolute dosis verrood, of door het percentage verrood (rood/verrood verhouding of PSS-waarde).

Tabel 7.4. Behandelingen van proefronde 7 waarbij naar lange-dag (LD) werd overgeschakeld na 4 weken kortedag (KD) bij hoog licht (110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$). Alle behandelingen ontvingen ook winterdaglicht.

| Behandeling | Beschrijving | LED-belichting tijd en intensiteit ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) | | Kunstzonlicht tijd en intensiteit ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) | | Lichtsom ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$) |
|-------------|--|--|----|---|------|---|
| LD LL | LD laag licht | 16u | 69 | 8u | 80 | 6.3 |
| LD Zon | LD kunstzonlicht | 5u | 69 | 12u | 130* | 6.3 |
| LD sLL | bij start (vegetatieve fase) LD laag licht 30 i.p.v. 55 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (3 weken lang) | 16u | 69 | 8u | 80 | 6.3 |

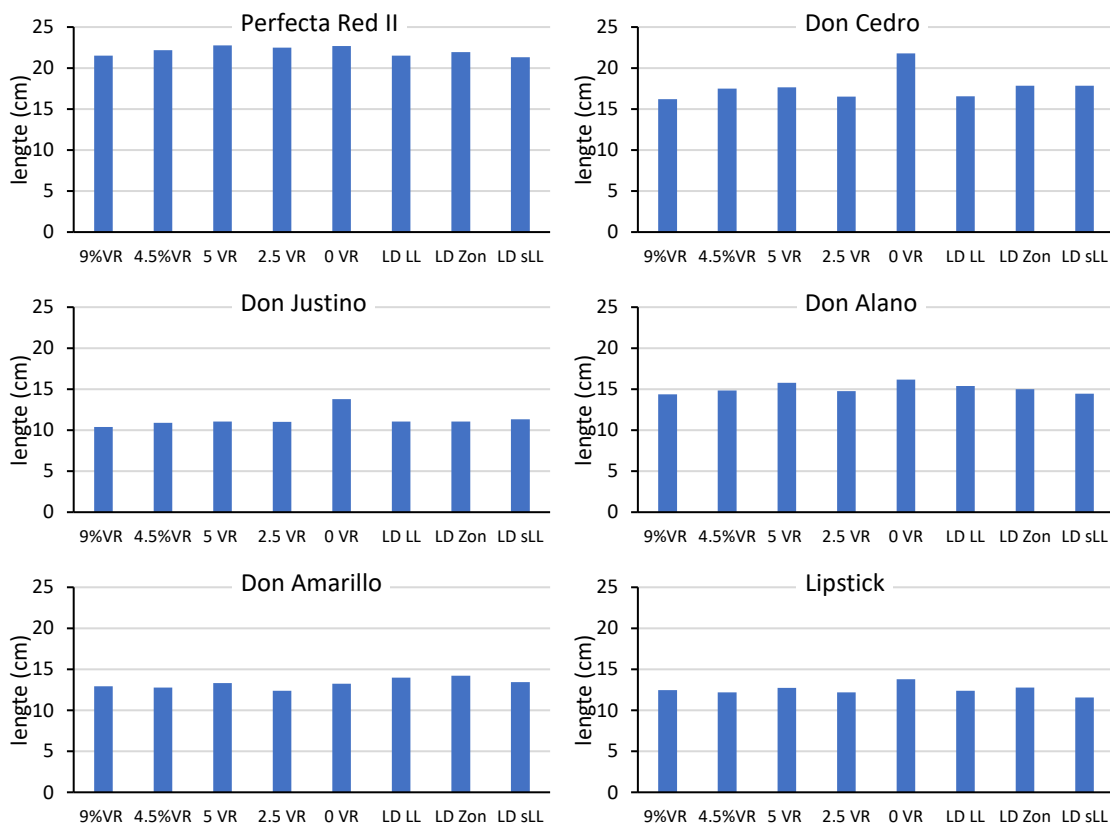
* Eerste en laatste uur gedimd naar 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.

Het enige verschil tussen behandeling LD LL en LD sLL (Tabel 7.4) is dus de lagere intensiteit belichting gedurende 3 weken tijdens de vegetatieve opkweekfase voor behandeling LD sLL. In behandeling LD Zon is meer (kunst)zonlicht gebruikt ten koste van LED-bijbelichting zoals in behandeling LD LL. Dit om te toetsten of daglicht beter benut kan worden in de kalanchoë-teelt.

7.2 Resultaten

Verrood behandelingen

Het ontbreken van verrood licht (0 VR) resulteerde in langere planten in de rassen Don Cedro, Don Justino, Lipstick, en Don Alano (Fig. 7.1 en Tabel 7.5). Bij de vier verschillende verrood-behandelingen waren de planten van die rassen korter. De laagste intensiteit van 2.5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ verrood (4.5% bij 55 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR LED-belichting) was al voldoende om de planten van deze rassen compacter te houden. De 9%VR behandeling had de hoogste intensiteit verrood en gaf bij de meeste rassen de kortste planten. Echter, de verschillen in lengte tussen de verschillende getoetste intensiteiten of percentages verrood waren klein, en alleen de behandeling met helemaal geen verrood viel op door meer lengte. Don Cedro had ook een hoger totaal spruitgewicht bij 0 VR (Tabel 7.5). Dit ras zat tegen doorwas aan, in één plant was ook een trosje te zien wat geen goede bloemknoppen vormde. Verrood licht blijkt dus nodig om in gevoelige rassen doorwas en strekking tegen te gaan: verrood stimuleert bloeiïnductie, verdere vegetatieve groei neemt dan af en strekking wordt geremd.



Figuur 7.1. Plantlengte zonder pot voor eindogst 80 dagen na start. Data zijn gemiddelden van 9 planten. Planten zonder verrood in de belichting (0 VR) van sommige rassen werden langer dan met verrood. Voor codes behandelingen zie Tabel 7.3 en 7.4.

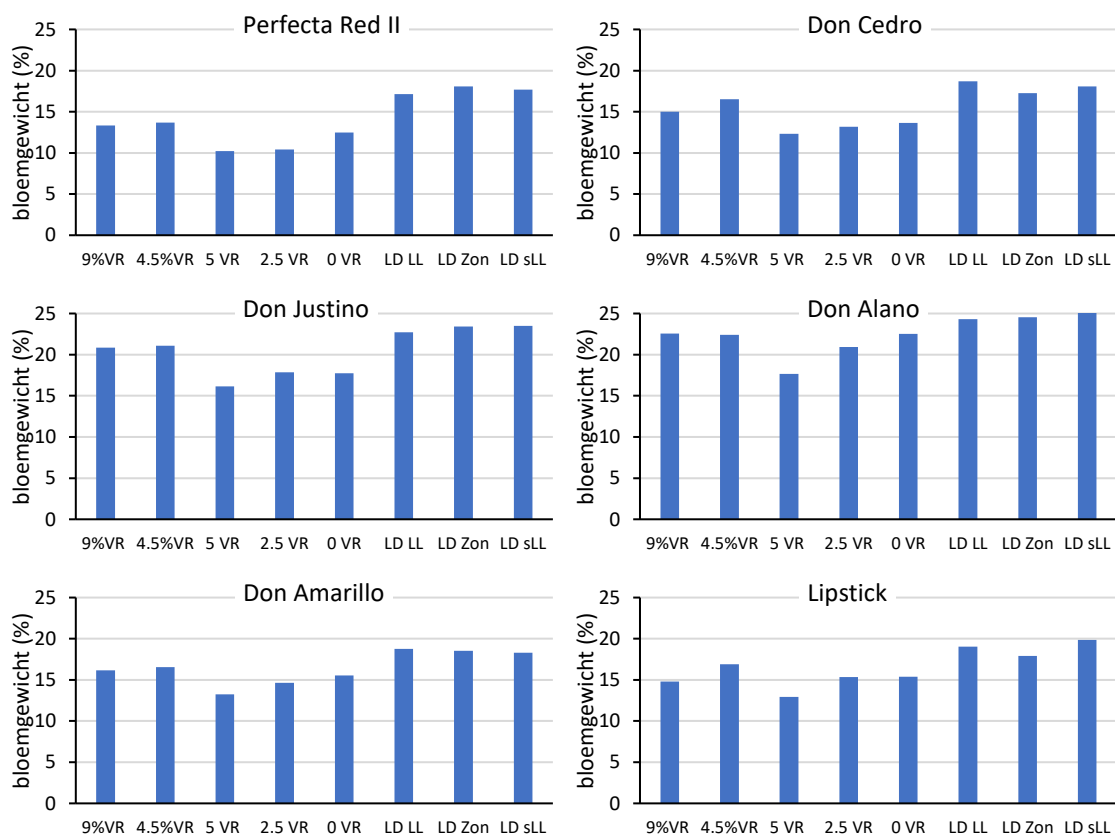
Het percentage bloemgewicht was over het algemeen niet significant lager in de behandeling zonder verrood vergeleken met de behandelingen 4.5% en 9% verrood (alle drie 110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR LED-belichting). In twee behandelingen met lagere lichtintensiteit, 5 VR en 2.5 VR, was het percentage bloemgewicht en ook het totale spruitgewicht meestal wel lager

(Fig. 7.2 en Tabel 7.5). Het percentage bloemgewicht werd in deze behandelingen dus meer bepaald door lichtintensiteit dan verrood intensiteit.

Behandelingen met afkweek onder lange dag

In de vorige proefronde werd gevonden dat plantkwaliteit beter werd onder LD in de afkweek met lage lichtintensiteit (LD LL) dan een gelijke lichtsom bij KD met hogere lichtintensiteit (KD HL). In deze proefronde was de lengte en het percentage bloemgewicht gelijk tussen LD LL en LD Zon, waarin dezelfde lichtsom werd behaald maar met een groter deel van de dag zonlicht in plaats van LED-belichting (Fig. 7.1 en 7.2). Of er LED-belichting werd gebruikt of deels zonlicht maakte dus geen verschil voor de plantkwaliteit. Het totale spruitgewicht was ook vergelijkbaar (Tabel 7.5).

Verder werd het effect van een lage lichtintensiteit tijdens de LD-fase (vegetatief) in de opkweek (LD sLL) getoetst. De plantkwaliteit was ook hier niet te onderscheiden van LD LL of LD Zon. Een vrij lage intensiteit belichting tijdens deze fase van 30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ is blijkbaar voldoende voor de dan nog kleine stekken in de eerste drie weken van de teelt. Dit kan verder bijdragen aan besparing op belichting. Alle behandelingen met LD in de afkweek presteerden goed in vergelijking met de verrood behandeling die KD in de afkweek hadden: het percentage bloemgewicht was hoger. Percentages drooggewicht van de bloemen en knoppen waren hoger in de LD behandelingen (Tabel 7.5).



Figuur 7.2. Bloemgewicht inclusief knoppen als percentage van het totale spruitgewicht bij eindogst. Data zijn gemiddelden van 7 planten. Voor codes behandelingen zie Tabel 7.3 en 7.4.

Tabel 7.5. Gegevens eind oogst per ras en behandeling.

| ras | behandeling | lengte (cm) | % bloemgewicht | # open bloemen | # zijscheuten | teeltduur (d) |
|-----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| Perfecta Red II | VR 9% | 21.5 ± 0.8 a | 13.3 ± 2.1 b | 3.1 ± 1.1 a | 14.7 ± 0.8 ab | 92 ± 3.8 bc |
| | VR 4.5% | 22.2 ± 1.1 a | 13.7 ± 1.7 b | 3.6 ± 0.5 a | 14.4 ± 1.5 ab | 92 ± 2.5 abc |
| | VR 5 µmol | 22.8 ± 0.6 a | 10.2 ± 0.9 c | 2.9 ± 1.8 a | 12.6 ± 1.5 bc | 97 ± 2.5 a |
| | VR 2.5 µmol | 22.5 ± 1.6 a | 10.4 ± 1.5 c | 3.3 ± 1.5 a | 12.6 ± 1.4 bc | 96 ± 2.7 ab |
| | VR 0 | 22.7 ± 0.8 a | 12.5 ± 0.7 bc | 3.4 ± 0.8 a | 14.9 ± 1.7 a | 92 ± 1.5 bc |
| | LD LL | 21.5 ± 1.4 a | 17.1 ± 1.5 a | 4.1 ± 1.5 a | 14.4 ± 1.3 ab | 94 ± 3.2 abc |
| | LD Zon | 21.9 ± 1.0 a | 18.1 ± 2.1 a | 5.3 ± 2.4 a | 14.3 ± 1.0 abc | 93 ± 2.9 abc |
| | LD start LL | 21.3 ± 0.8 a | 17.7 ± 2.2 a | 4.3 ± 1.6 a | 12.1 ± 1.1 c | 91 ± 2.4 c |
| Don Cedro | VR 9% | 16.2 ± 0.7 d | 15.0 ± 2.4 bc | 4.9 ± 2.9 a | 15.0 ± 1.7 a | 87 ± 3.1 a |
| | VR 4.5% | 17.5 ± 1.4 bcd | 16.5 ± 1.2 ab | 6.9 ± 2.9 a | 15.1 ± 0.7 a | 87 ± 2.2 a |
| | VR 5 µmol | 17.7 ± 1.3 bc | 12.3 ± 1.0 d | 3.4 ± 2.0 a | 14.9 ± 1.2 a | 89 ± 2.0 a |
| | VR 2.5 µmol | 16.5 ± 0.6 cd | 13.2 ± 1.1 cd | 4.3 ± 1.3 a | 12.6 ± 1.6 b | 88 ± 3.1 a |
| | VR 0 | 21.8 ± 0.7 a | 13.6 ± 1.9 cd | 6.0 ± 4.7 a | 15.3 ± 1.0 a | 88 ± 1.9 a |
| | LD LL | 16.6 ± 0.7 bcd | 18.7 ± 0.8 a | 5.1 ± 4.0 a | 13.9 ± 1.1 ab | 89 ± 2.2 a |
| | LD Zon | 17.8 ± 0.9 b | 17.3 ± 1.1 ab | 3.7 ± 0.5 a | 14.9 ± 0.9 a | 88 ± 2.8 a |
| | LD start LL | 17.8 ± 0.6 b | 18.1 ± 1.0 a | 4.3 ± 1.5 a | 15.0 ± 1.1 a | 88 ± 1.7 a |
| Don Justino | VR 9% | 10.4 ± 0.6 b | 20.8 ± 1.7 b | 5.6 ± 2.0 a | 14.4 ± 0.7 a | 88 ± 2.6 abc |
| | VR 4.5% | 10.9 ± 0.7 b | 21.1 ± 2.3 ab | 5.7 ± 1.4 a | 14.9 ± 0.9 a | 87 ± 2.4 bc |
| | VR 5 µmol | 11.1 ± 0.5 b | 16.1 ± 1.1 c | 4.0 ± 1.9 a | 12.3 ± 1.0 bc | 90 ± 2.7 ab |
| | VR 2.5 µmol | 11.0 ± 0.8 b | 17.8 ± 1.0 c | 4.4 ± 2.3 a | 11.6 ± 1.0 c | 91 ± 2.1 a |
| | VR 0 | 13.8 ± 0.5 a | 17.7 ± 0.9 c | 5.1 ± 1.3 a | 15.4 ± 1.0 a | 86 ± 1.8 c |
| | LD LL | 11.1 ± 0.8 b | 22.7 ± 1.7 ab | 4.6 ± 0.8 a | 13.6 ± 1.1 abc | 89 ± 1.7 abc |
| | LD Zon | 11.1 ± 0.8 b | 23.4 ± 2.4 ab | 4.0 ± 1.5 a | 13.7 ± 2.0 abc | 88 ± 2.0 abc |
| | LD start LL | 11.3 ± 0.7 b | 23.5 ± 1.3 a | 4.3 ± 1.1 a | 13.7 ± 1.9 ab | 87 ± 1.6 bc |
| Don Alano | VR 9% | 14.4 ± 0.5 c | 22.6 ± 2.3 ab | 4.3 ± 1.3 a | 11.4 ± 2.1 bc | 93 ± 2.9 b |
| | VR 4.5% | 14.8 ± 0.7 bc | 22.4 ± 2.7 ab | 3.9 ± 1.5 a | 12.1 ± 1.9 abc | 93 ± 2.9 b |
| | VR 5 µmol | 15.8 ± 1.1 ab | 17.6 ± 1.3 c | 2.7 ± 1.4 a | 11.7 ± 0.8 bc | 97 ± 1.5 a |
| | VR 2.5 µmol | 14.8 ± 0.6 bc | 20.9 ± 1.4 bc | 3.6 ± 2.0 a | 10.1 ± 1.5 c | 96 ± 2.1 ab |
| | VR 0 | 16.2 ± 1.0 a | 22.5 ± 1.3 ab | 3.6 ± 0.8 a | 14.0 ± 1.4 ab | 92 ± 1.4 b |
| | LD LL | 15.4 ± 0.8 abc | 24.3 ± 3.6 ab | 4.9 ± 2.0 a | 13.6 ± 1.9 ab | 94 ± 2.5 ab |
| | LD Zon | 15.0 ± 0.4 bc | 24.5 ± 2.1 ab | 4.1 ± 1.2 a | 13.0 ± 1.8 abc | 93 ± 1.3 b |
| | LD start LL | 14.4 ± 0.7 c | 26.2 ± 2.7 a | 3.6 ± 0.8 a | 14.9 ± 1.9 a | 93 ± 2.2 b |
| Don Amarillo | VR 9% | 12.9 ± 0.8 bc | 16.1 ± 1.0 bc | 4.6 ± 1.3 a | 12.0 ± 1.4 ab | 81 ± 1.6 b |
| | VR 4.5% | 12.8 ± 0.4 c | 16.6 ± 2.3 abc | 6.3 ± 2.1 a | 12.3 ± 0.8 ab | 82 ± 2.0 ab |
| | VR 5 µmol | 13.3 ± 1.0 abc | 13.3 ± 1.2 d | 5.6 ± 1.5 a | 10.6 ± 1.6 bc | 84 ± 1.1 a |
| | VR 2.5 µmol | 12.4 ± 1.1 c | 14.6 ± 0.7 cd | 4.1 ± 1.2 a | 8.1 ± 1.2 c | 83 ± 0.0 ab |
| | VR 0 | 13.2 ± 0.6 abc | 15.6 ± 1.6 c | 6.0 ± 2.3 a | 13.3 ± 2.2 ab | 83 ± 1.3 ab |
| | LD LL | 14.0 ± 0.7 ab | 18.7 ± 0.9 a | 4.6 ± 2.1 a | 11.9 ± 2.0 ab | 82 ± 1.5 ab |
| | LD Zon | 14.2 ± 0.8 a | 18.5 ± 1.0 a | 3.9 ± 0.9 a | 14.6 ± 2.1 a | 82 ± 1.6 b |
| | LD start LL | 13.4 ± 0.9 abc | 18.3 ± 1.3 ab | 4.4 ± 1.1 a | 11.1 ± 0.9 b | 83 ± 1.1 ab |
| Lipstick | VR 9% | 12.4 ± 0.5 bc | 14.8 ± 1.4 de | 15.4 ± 6.7 a | 14.4 ± 0.5 ab | 87 ± 2.4 ab |
| | VR 4.5% | 12.2 ± 0.8 bc | 16.9 ± 1.5 bcd | 14.7 ± 6.4 a | 14.8 ± 1.2 a | 86 ± 1.9 ab |
| | VR 5 µmol | 12.7 ± 0.7 b | 12.9 ± 1.4 e | 10.0 ± 2.3 a | 12.3 ± 1.5 b | 88 ± 2.0 ab |
| | VR 2.5 µmol | 12.2 ± 0.7 bc | 15.3 ± 1.2 de | 13.9 ± 4.4 a | 13.7 ± 1.3 ab | 89 ± 2.2 a |
| | VR 0 | 13.8 ± 0.7 a | 15.4 ± 0.9 cde | 12.0 ± 1.6 a | 15.5 ± 0.6 a | 86 ± 1.3 ab |
| | LD LL | 12.4 ± 0.5 bc | 19.0 ± 0.8 ab | 14.4 ± 4.3 a | 13.9 ± 1.1 ab | 87 ± 2.7 ab |
| | LD Zon | 12.8 ± 0.7 b | 17.9 ± 1.6 abc | 13.9 ± 4.2 a | 14.6 ± 1.7 a | 87 ± 1.5 ab |
| | LD start LL | 11.6 ± 0.5 c | 19.9 ± 1.2 a | 11.4 ± 1.9 a | 14.9 ± 1.1 a | 85 ± 1.1 b |

Data zijn gemiddelden van 7 herhalingen (9 voor lengte) en de standaarddeviatie. Binnen een ras zijn behandelingen niet significant verschillend van elkaar wanneer ze gevolgd worden door dezelfde letter (Tukey test; $\alpha=0.05$). Voor codes behandelingen zie Tabel 7.3 en 7.4.

Tabel 7.5 (vervolg). Gegevens eind oogst per ras en behandeling.

| ras | behandeling | versgewicht (g) | | |
|-----------------|-------------|-----------------|---------------|---------------|
| | | bloemen | rest spruit | totaal spruit |
| Perfecta Red II | VR 9% | 24.8 ± 3.4 c | 162 ± 13.4 a | 186 ± 13 ab |
| | VR 4.5% | 26.4 ± 2.7 bc | 167 ± 12.9 a | 194 ± 12 a |
| | VR 5 µmol | 16.7 ± 2.7 d | 146 ± 15.1 ab | 163 ± 17 bc |
| | VR 2.5 µmol | 16.1 ± 2.4 d | 139 ± 10.4 b | 155 ± 11 c |
| | VR 0 | 23.7 ± 2.7 c | 166 ± 12.6 a | 190 ± 15 a |
| | LD LL | 31.9 ± 3.4 ab | 154 ± 12.0 ab | 186 ± 14 ab |
| | LD Zon | 36.1 ± 6.3 a | 163 ± 10.2 a | 199 ± 15 a |
| | LD start LL | 31.2 ± 3.9 ab | 146 ± 15.7 ab | 177 ± 17 abc |
| Don Cedro | VR 9% | 21.0 ± 2.9 b | 120 ± 9.9 b | 141 ± 8 b |
| | VR 4.5% | 23.0 ± 2.5 ab | 116 ± 9.2 b | 139 ± 11 b |
| | VR 5 µmol | 12.9 ± 1.0 c | 92 ± 7.6 c | 105 ± 8 c |
| | VR 2.5 µmol | 14.0 ± 1.3 c | 92 ± 6.5 c | 106 ± 7 c |
| | VR 0 | 23.8 ± 3.6 ab | 151 ± 9.8 a | 174 ± 10 a |
| | LD LL | 25.1 ± 2.6 a | 109 ± 14.0 bc | 135 ± 17 b |
| | LD Zon | 25.2 ± 2.2 a | 122 ± 14.6 b | 147 ± 16 b |
| | LD start LL | 26.2 ± 1.6 a | 119 ± 12.2 b | 145 ± 14 b |
| Don Justino | VR 9% | 21.6 ± 1.9 bc | 83 ± 8.8 ab | 104 ± 10 ab |
| | VR 4.5% | 22.1 ± 3.4 bc | 83 ± 10.4 ab | 105 ± 13 ab |
| | VR 5 µmol | 14.3 ± 2.1 e | 74 ± 11.8 b | 89 ± 14 b |
| | VR 2.5 µmol | 15.8 ± 1.7 de | 73 ± 7.6 b | 89 ± 9 b |
| | VR 0 | 19.2 ± 1.2 cd | 89 ± 7.8 ab | 108 ± 9 a |
| | LD LL | 25.5 ± 4.3 ab | 87 ± 12.4 ab | 112 ± 16 a |
| | LD Zon | 28.4 ± 2.2 a | 93 ± 9.9 a | 122 ± 10 a |
| | LD start LL | 24.3 ± 1.1 ab | 80 ± 7.8 ab | 104 ± 9 ab |
| Don Alano | VR 9% | 38.5 ± 5.2 bc | 132 ± 7.8 ab | 170 ± 11 abc |
| | VR 4.5% | 38.4 ± 5.0 bc | 133 ± 10.9 ab | 171 ± 12 abc |
| | VR 5 µmol | 26.6 ± 2.2 d | 124 ± 5.0 bc | 151 ± 6 cd |
| | VR 2.5 µmol | 27.8 ± 3.6 d | 105 ± 11.3 c | 132 ± 14 d |
| | VR 0 | 37.1 ± 2.7 c | 128 ± 11.3 ab | 165 ± 13 bc |
| | LD LL | 44.5 ± 7.3 abc | 139 ± 14.3 ab | 183 ± 15 ab |
| | LD Zon | 48.0 ± 7.4 a | 148 ± 19.8 a | 196 ± 25 a |
| | LD start LL | 46.0 ± 2.3 ab | 131 ± 19.7 ab | 177 ± 20 ab |
| Don Amarillo | VR 9% | 20.2 ± 2.4 bc | 104 ± 6.4 a | 125 ± 9 a |
| | VR 4.5% | 19.9 ± 2.2 c | 101 ± 10.0 a | 121 ± 10 a |
| | VR 5 µmol | 12.6 ± 1.2 d | 83 ± 8.4 b | 96 ± 9 b |
| | VR 2.5 µmol | 13.5 ± 1.6 d | 79 ± 10.4 b | 93 ± 12 b |
| | VR 0 | 19.3 ± 3.5 c | 105 ± 12.1 a | 124 ± 15 a |
| | LD LL | 24.2 ± 2.2 a | 105 ± 7.4 a | 129 ± 9 a |
| | LD Zon | 23.9 ± 2.7 ab | 105 ± 12.5 a | 129 ± 15 a |
| | LD start LL | 20.9 ± 2.0 abc | 94 ± 6.7 ab | 115 ± 8 a |
| Lipstick | VR 9% | 22.9 ± 2.6 bc | 132 ± 10.7 a | 155 ± 12 a |
| | VR 4.5% | 24.7 ± 2.3 ab | 122 ± 13.8 ab | 147 ± 15 ab |
| | VR 5 µmol | 15.9 ± 2.5 d | 108 ± 17.5 ab | 123 ± 19 bc |
| | VR 2.5 µmol | 17.8 ± 2.5 cd | 98 ± 8.8 b | 116 ± 11 c |
| | VR 0 | 22.4 ± 3.0 bc | 124 ± 23.1 ab | 146 ± 26 abc |
| | LD LL | 27.0 ± 3.7 ab | 115 ± 11.6 ab | 142 ± 15 abc |
| | LD Zon | 28.1 ± 3.7 a | 130 ± 20.3 a | 158 ± 23 a |
| | LD start LL | 26.9 ± 1.5 ab | 109 ± 5.0 ab | 136 ± 5 abc |

Data zijn gemiddelden van 7 herhalingen en de standaarddeviatie. Binnen een ras zijn behandelingen niet significant verschillend van elkaar wanneer ze gevolgd worden door dezelfde letter (Tukey test; $\alpha = 0.05$). Voor codes behandelingen zie Tabel 7.3 en 7.4.

Tabel 7.5 (vervolg). Gegevens eind oogst per ras en behandeling.

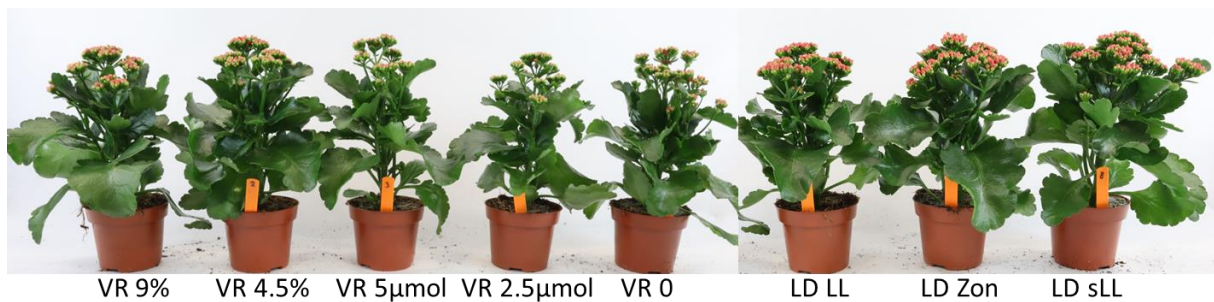
| ras | behandeling | %DW bloemen | %DW rest | %DW spruit |
|-----------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
| Perfecta Red II | VR 9% | 9.0 ± 0.4 b | 4.7 ± 0.3 bcd | 5.3 ± 0.4 bc |
| | VR 4.5% | 9.1 ± 0.5 b | 4.6 ± 0.3 cd | 5.2 ± 0.3 bc |
| | VR 5 µmol | 9.1 ± 0.5 b | 4.5 ± 0.1 cd | 5.0 ± 0.1 c |
| | VR 2.5 µmol | 9.1 ± 0.3 b | 4.3 ± 0.4 d | 5.0 ± 0.2 c |
| | VR 0 | 8.8 ± 0.3 b | 4.5 ± 0.2 cd | 5.0 ± 0.2 c |
| | LD LL | 10.2 ± 0.4 a | 5.2 ± 0.2 ab | 6.1 ± 0.2 a |
| | LD Zon | 10.3 ± 0.6 a | 5.4 ± 0.4 a | 6.3 ± 0.5 a |
| | LD start LL | 10.3 ± 0.5 a | 5.0 ± 0.7 abc | 5.9 ± 0.7 ab |
| Don Cedro | VR 9% | 7.2 ± 0.3 bc | 4.6 ± 0.1 b | 5.0 ± 0.1 b |
| | VR 4.5% | 7.0 ± 0.3 c | 4.5 ± 0.2 bc | 4.9 ± 0.2 b |
| | VR 5 µmol | 6.8 ± 0.3 c | 4.3 ± 0.2 c | 4.6 ± 0.2 c |
| | VR 2.5 µmol | 6.9 ± 0.4 c | 4.3 ± 0.1 c | 4.6 ± 0.2 c |
| | VR 0 | 7.6 ± 0.4 b | 4.7 ± 0.1 b | 5.1 ± 0.1 b |
| | LD LL | 7.9 ± 0.2 ab | 5.1 ± 0.1 a | 5.6 ± 0.1 a |
| | LD Zon | 8.5 ± 0.2 a | 5.2 ± 0.1 a | 5.8 ± 0.2 a |
| | LD start LL | 7.9 ± 0.3 ab | 5.0 ± 0.2 a | 5.5 ± 0.2 a |
| Don Justino | VR 9% | 8.2 ± 0.3 b | 4.8 ± 0.2 bc | 5.5 ± 0.1 b |
| | VR 4.5% | 8.2 ± 0.2 b | 4.5 ± 0.1 cd | 5.3 ± 0.1 bc |
| | VR 5 µmol | 8.5 ± 0.4 b | 4.4 ± 0.2 d | 5.1 ± 0.2 c |
| | VR 2.5 µmol | 8.6 ± 0.3 b | 4.5 ± 0.1 d | 5.2 ± 0.1 bc |
| | VR 0 | 8.3 ± 0.4 b | 4.6 ± 0.1 cd | 5.2 ± 0.1 bc |
| | LD LL | 9.3 ± 0.4 a | 4.9 ± 0.2 ab | 6.0 ± 0.2 a |
| | LD Zon | 9.4 ± 0.3 a | 5.2 ± 0.1 a | 6.2 ± 0.2 a |
| | LD start LL | 9.1 ± 0.3 a | 5.0 ± 0.1 ab | 6.0 ± 0.2 a |
| Don Alano | VR 9% | 7.0 ± 0.2 ab | 4.2 ± 0.2 abc | 4.8 ± 0.2 abc |
| | VR 4.5% | 6.7 ± 0.2 ab | 4.1 ± 0.2 bc | 4.7 ± 0.3 bc |
| | VR 5 µmol | 6.6 ± 0.3 ab | 3.9 ± 0.1 bc | 4.4 ± 0.1 c |
| | VR 2.5 µmol | 6.5 ± 0.5 b | 4.0 ± 0.2 bc | 4.6 ± 0.3 bc |
| | VR 0 | * | * | * |
| | LD LL | 7.3 ± 0.7 ab | 4.6 ± 0.2 ab | 5.2 ± 0.4 ab |
| | LD Zon | 7.5 ± 0.3 a | 4.8 ± 0.7 a | 5.5 ± 0.5 a |
| | LD start LL | 7.4 ± 0.4 ab | 4.6 ± 0.2 ab | 5.3 ± 0.3 ab |
| Don Amarillo | VR 9% | 6.9 ± 0.2 bc | 4.0 ± 0.1 cd | 4.4 ± 0.1 b |
| | VR 4.5% | 6.7 ± 0.2 c | 3.9 ± 0.1 cde | 4.3 ± 0.1 bc |
| | VR 5 µmol | 6.6 ± 0.6 c | 3.7 ± 0.1 de | 4.1 ± 0.1 c |
| | VR 2.5 µmol | 6.6 ± 0.6 c | 3.7 ± 0.1 e | 4.1 ± 0.1 c |
| | VR 0 | 6.8 ± 0.3 bc | 4.0 ± 0.2 bc | 4.4 ± 0.2 b |
| | LD LL | 7.5 ± 0.6 ab | 4.3 ± 0.3 a | 4.9 ± 0.3 a |
| | LD Zon | 7.7 ± 0.3 a | 4.4 ± 0.2 a | 5.0 ± 0.1 a |
| | LD start LL | 7.8 ± 0.2 a | 4.2 ± 0.1 ab | 4.9 ± 0.1 a |
| Lipstick | VR 9% | 9.5 ± 0.4 ab | 4.3 ± 0.1 b | 5.1 ± 0.2 b |
| | VR 4.5% | 8.5 ± 0.4 c | 4.1 ± 0.1 bc | 4.9 ± 0.2 bc |
| | VR 5 µmol | 8.8 ± 0.3 bc | 4.0 ± 0.2 c | 4.6 ± 0.2 c |
| | VR 2.5 µmol | 8.5 ± 0.5 c | 4.2 ± 0.2 bc | 4.9 ± 0.2 bc |
| | VR 0 | 8.9 ± 0.1 abc | 4.3 ± 0.1 bc | 5.0 ± 0.1 bc |
| | LD LL | 9.4 ± 0.5 ab | 4.7 ± 0.2 a | 5.6 ± 0.3 a |
| | LD Zon | 9.7 ± 0.5 a | 4.9 ± 0.2 a | 5.7 ± 0.2 a |
| | LD start LL | 9.0 ± 0.2 abc | 4.6 ± 0.1 a | 5.5 ± 0.1 a |

Data zijn gemiddelden van 7 herhalingen en de standaarddeviatie. * Data ontbreekt. Voor codes behandelingen zie Tabel 7.3 en 7.4.

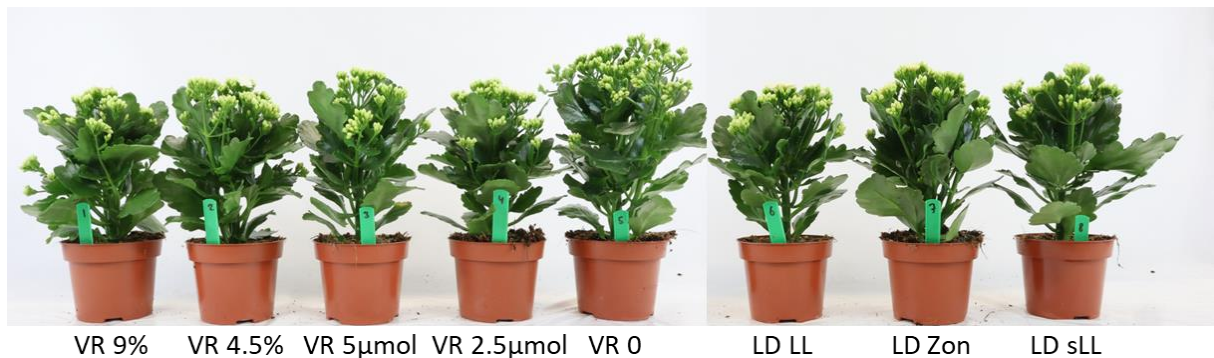
Bij eind oogst vielen een aantal zaken op (Fig. 7.3 en 7.4):

Zonder verrood (VR 0) waren de planten meer gestrekt dan met verrood. Planten met VR 5 en VR 2.5 waren iel, wat te wijten is aan de lagere intensiteit belichting (55 i.p.v. 110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ waardoor 2 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{dag}$ minder). Planten met VR 9% en VR 4.5% hadden een betere plantvorm en mooier bloemscherm dan VR 0. Planten uit de drie behandelingen met LD in de afkweek waren duidelijk mooier dan de planten uit de vijf andere behandelingen met KD in de hele afkweek. Dit terwijl de lichtsom gelijk was voor VR 9%, VR 4.5%, VR 0 en de drie LD behandelingen. De bloemschermen waren groter met meer knoppen. Foto's van de overige staan in Bijlage Proefronde 7.

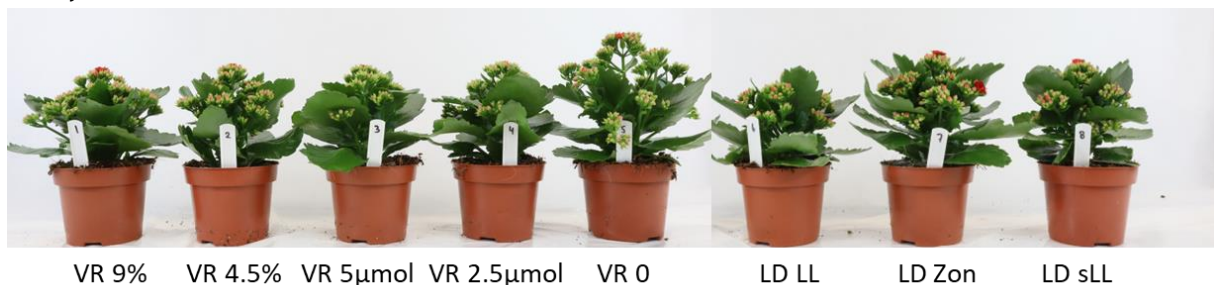
Perfecta Red II



Don Cedro

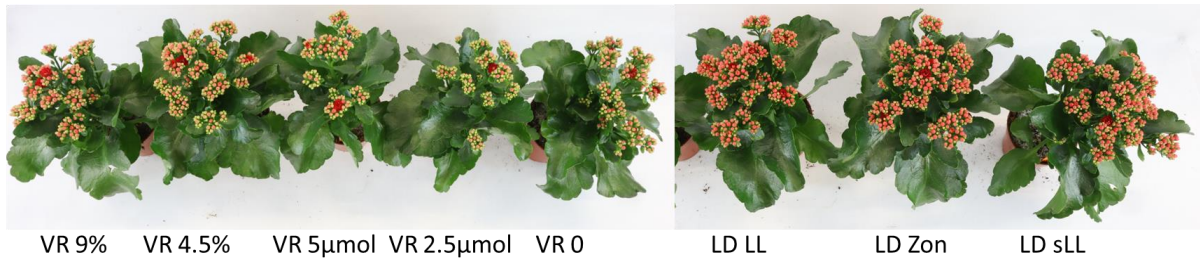


Don Justino

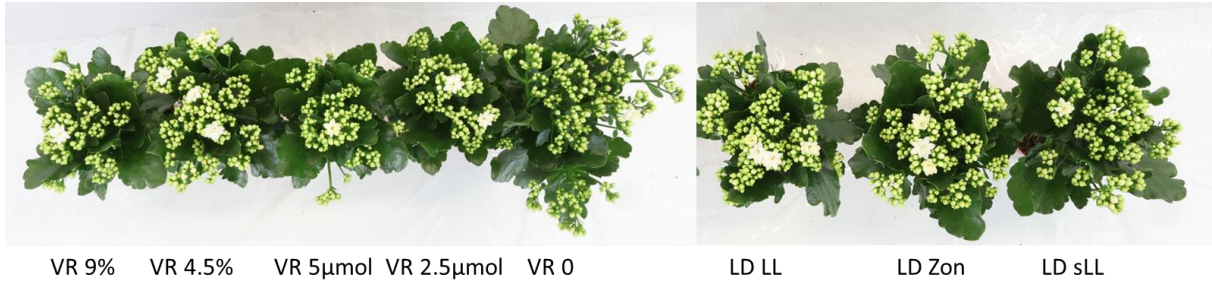


Figuur 7.3 Vooraanzicht bij eind oogst.

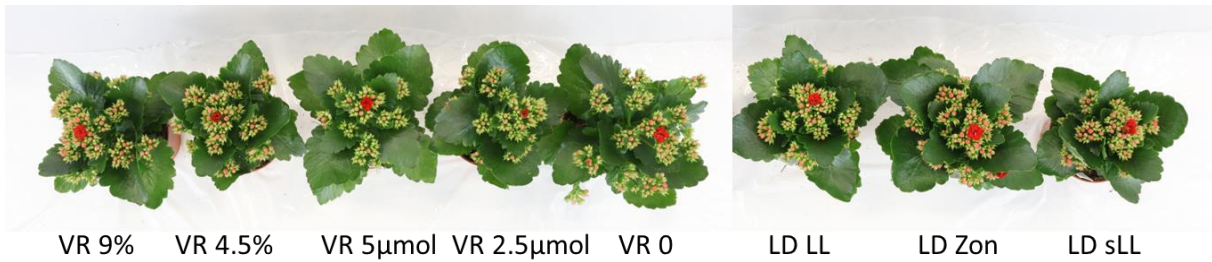
Perfecta Red II



Don Cedro



Don Justino



Figuur 7.4. Bovenaanzicht bij eindoogst.

7.3 Conclusies

- Onder winterse omstandigheden leidt LED-belichting zonder verrood tot overmatige strekking in de daarvoor gevoelige rassen. Zonder verrood is er geen goede bloeiïnductie in deze rassen wat leidt tot doorwas en overmatige strekking.
- De laagste intensiteit verrood die hier is getoetst van maar 2.5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (4.5% verrood bij 55 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR LED-belichting) was al effectief om op doorwas lijkende strekking tegen te gaan.
- De vegetatieve opkweek bij lange-dag kan zonder nadeel met een relatief lage intensiteit bijbelichting (minimum dat is getoetst 30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ bijbelichting).
- Na 4 weken korte-dag in de afkweek kan overgeschakeld worden op lange-dag, wat bij gelijke lichtsom een mooiere plantvorm geeft met meer knoppen dan de hele afkweek korte-dag.
- Bij afkweek onder lange-dag (na 4 weken korte-dag) kan grotendeels zonlicht worden gebruikt voor de lichtbehoefte, wat energiebesparing kan opleveren wanneer de natuurlijke daglengte langer is dan 10 uur.

8 Potchryasant – UV en verrood

In deze proef werd onderzocht of de effecten van lichtspectrum ook op andere bloeiende potplanten dan kalanchoë toepasbaar zijn. Bij kalanchoë bleek dat UV-B in de juiste golflengte en intensiteit werkte als een niet-chemisch remmiddel (proefronde 3 en 4), en verrood licht bleek voor gevoelige rassen van kalanchoë belangrijk om voldoende bloei te krijgen en daardoor overmatige strekking te voorkomen (proefronde 1, 2 en 7). In deze proefronde zijn effecten van UV-B en verrood licht getoetst op potchryasant, een gewas dat net als kalanchoë een korte-dag plant is met als belangrijk kwaliteitskenmerk een compacte plantvorm. Er is een achtergrond van winterzonlicht gebruikt en belicht met LED.

8.1 Materiaal en methoden

Tabel 8.1 en 8.2 bevatten de setpoints en tijdslijn. Tabel 8.3 bevat de behandelingen van de proef. De planten werden belicht met LED met dezelfde verhouding rood/wit/blauw (RWB) als in proefronde 3-7 (13% blauw, 5% groen, 82% rood) en winterdaglicht van 2.3 mol/m²/dag. In de lange-dag fase van de eerste 3 teeltweken was de daglengte 16 uur en de totale lichtsom 8.6 mol/m²/dag (boven het folie). Na beworteling van de stek 11-13 dagen na start is het folie verwijderd. In de daaropvolgende korte-dag fase (vanaf dag 22 na start) was de daglengte 11 uur en de totale lichtsom 6.7 mol/m²/dag. De LED-belichting in de controle was zonder extra verrood en zonder UV-B licht. De proef werd gestart 26 juli 2021, maar door de simulatie van winterdaglicht in de klimaatcabines is het seizoen verder niet relevant.

Er is geen remmiddel gebruikt tijdens de teelt.

Tabel 8.1. Setpoints proef potchryasant.

| Parameter | Waarde |
|------------------|---|
| Plantmateriaal | Potchryasant rassen Aubisque, Dynamic, Lake Worth |
| Temperatuur | 19.5°C etmaal (20/18.5°C D/N) |
| Luchtvochtigheid | 70/75% D/N |
| CO ₂ | 600 ppm |
| Plantdichtheid | Bij start 75 planten/m ² en 4 weken na start 25 planten/m ² met potten van 12 cm diameter (10 per ras). |

Tabel 8.2. Tijdslijn proef potchryasant.

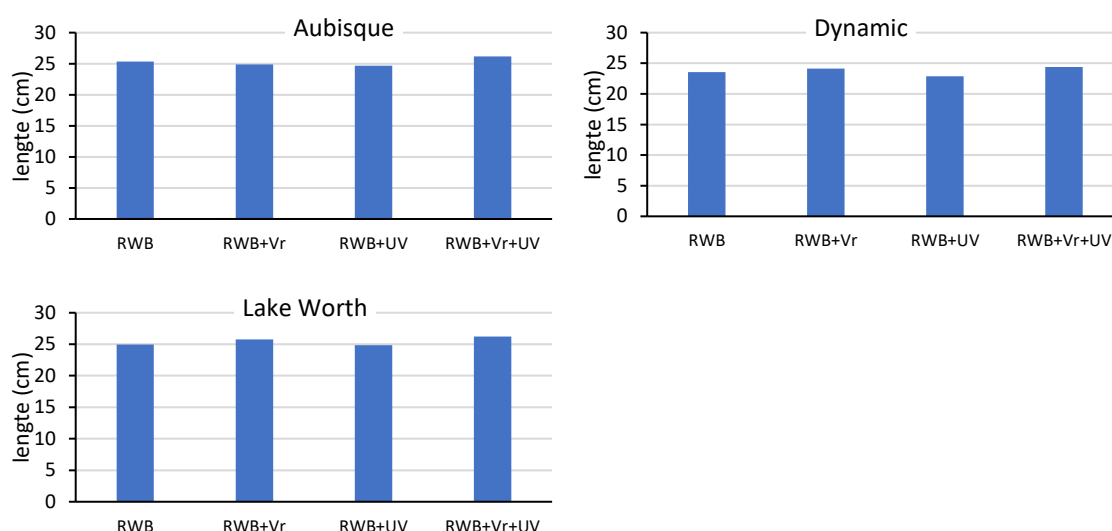
| Dagen na start | Gebeurtenis |
|----------------|--|
| 0 | Stekken geplant, bedekt met folie start proef LD 16 u/d 110 µmol/m ² /s LED-belichting en 8 u/d 80 µmol/m ² /s zonlicht Lichtbehandelingen gestart (Tabel 8.3) |
| 11-13 | Folie verwijderd |
| 21 | Getopt |
| 22 | Start KD 11 u/d 110 µmol/m ² /s LED-belichting en 8 u/d 80 µmol/m ² /s zonlicht |
| 28 | Dichtheid verlaagd naar 25 planten/m ² |
| 71-84 | Destructieve eindmeting |

Tabel 8.3. Behandelingen. Alle behandelingen ontvingen belichting met LED en winterdaglicht.

| Behandeling | Beschrijving |
|---------------|--|
| RWB | Controle LED RWB |
| RWB + Vr | Extra 9% verrood |
| RWB + UV | Extra 0.5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ UV-B (308 nm) 24 u/d |
| RWB + Vr + UV | Extra verrood en UV als hierboven |

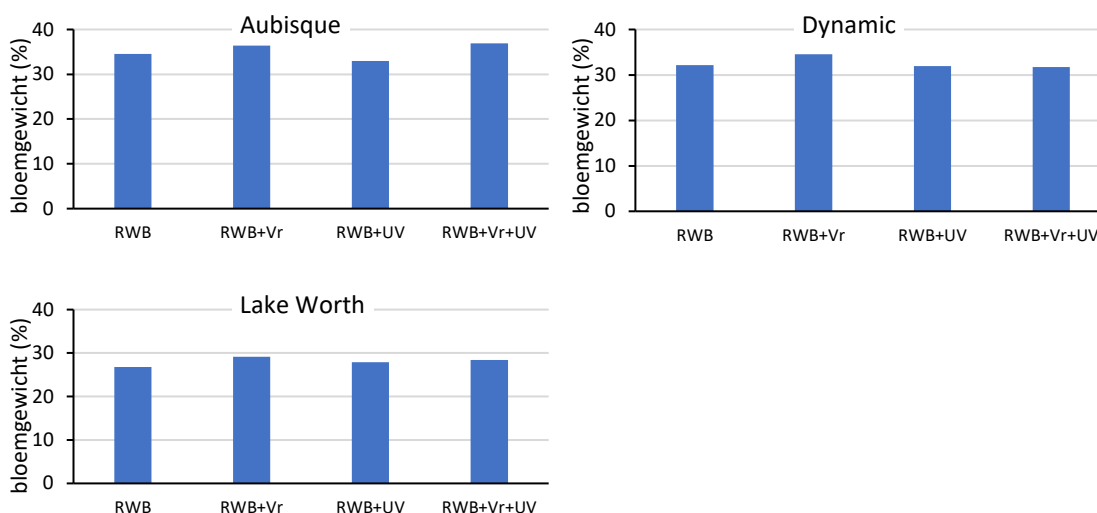
8.2 Resultaten

Bij de rassen Aubisque en Dynamic waren er nauwelijks effecten van de lichtbehandelingen op lengte (Fig. 8.1 en Tabel 8.4). Bij het ras Lake Worth was er wel een effect van verrood licht. Met verrood werden de planten iets langer (2 cm). UV-B leidde niet tot kortere planten; ook in de behandeling met UV-B en verrood werden de planten van Lake Worth langer. Er was een trend van een kleine toename in het percentage bloemgewicht met verrood maar dat was niet consistent voor alle rassen en tussen behandelingen met en zonder UV (Fig. 8.2 en Tabel 8.4). Verder was er geen of nauwelijks effect van lichtbehandeling op totaal spruitgewicht (Tabel 8.4).



Figuur 8.1. Plantlengte zonder pot voor eindooft op 70 dagen na start bij verschillende behandelingen. Voor uitleg zie Tabel 8.3. Data zijn gemiddelden van 10 planten.

In alle behandelingen waren de planten gerekt (Fig. 8.3). Bij Lake Worth was te zien dat planten wat langer waren in de behandelingen met verrood, bij de andere rassen niet. In alle behandelingen kwamen volop bloemen tot ontwikkeling, dit was niet meer of sneller met verrood (Fig. 8.3 en 8.4). Verrood blijkt dus niet noodzakelijk voor inductie van bloei in potchrysan.



Figuur 8.2. Bloemgewicht inclusief knoppen als percentage van het totale spruitgewicht bij eindooft. Data zijn gemiddelden van 9 planten.

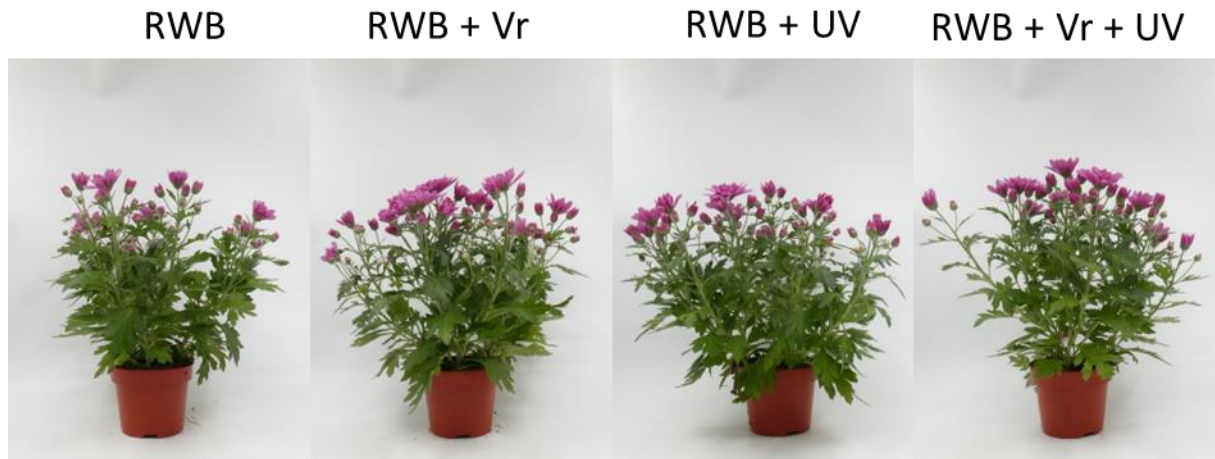
Tabel 8.4. Gegevens eindooft per ras en behandeling.

| Ras | behandeling | lengte (cm) | % bloemgewicht | teeltduur (d) |
|------------|-------------|---------------|----------------|---------------|
| Aubisque | RWB | 25.4 ± 2.1 a | 34.5 ± 3.0 ab | 75 ± 1.4 a |
| | RWB+Vr | 24.9 ± 1.1 a | 36.4 ± 2.5 ab | 71 ± 0.5 c |
| | RWB+UV | 24.7 ± 1.7 a | 33.0 ± 3.5 b | 73 ± 2.0 ab |
| | RWB+Vr+UV | 26.2 ± 1.2 a | 36.9 ± 2.2 a | 72 ± 1.2 bc |
| Dynamic | RWB | 23.6 ± 1.6 bc | 32.1 ± 1.4 a | 74 ± 1.1 ab |
| | RWB+Vr | 24.2 ± 1.2 ab | 34.5 ± 3.8 a | 74 ± 3.0 ab |
| | RWB+UV | 22.9 ± 0.9 c | 31.9 ± 2.1 a | 76 ± 1.6 a |
| | RWB+Vr+UV | 24.4 ± 1.1 a | 31.8 ± 2.0 a | 73 ± 1.6 b |
| Lake Worth | RWB | 25.0 ± 1.5 b | 26.8 ± 1.5 b | 81 ± 1.3 a |
| | RWB+Vr | 25.8 ± 1.0 a | 29.1 ± 1.5 a | 78 ± 0.5 b |
| | RWB+UV | 24.9 ± 1.1 b | 27.9 ± 2.5 ab | 81 ± 1.7 a |
| | RWB+Vr+UV | 26.2 ± 0.8 a | 28.4 ± 0.7 ab | 79 ± 0.6 b |

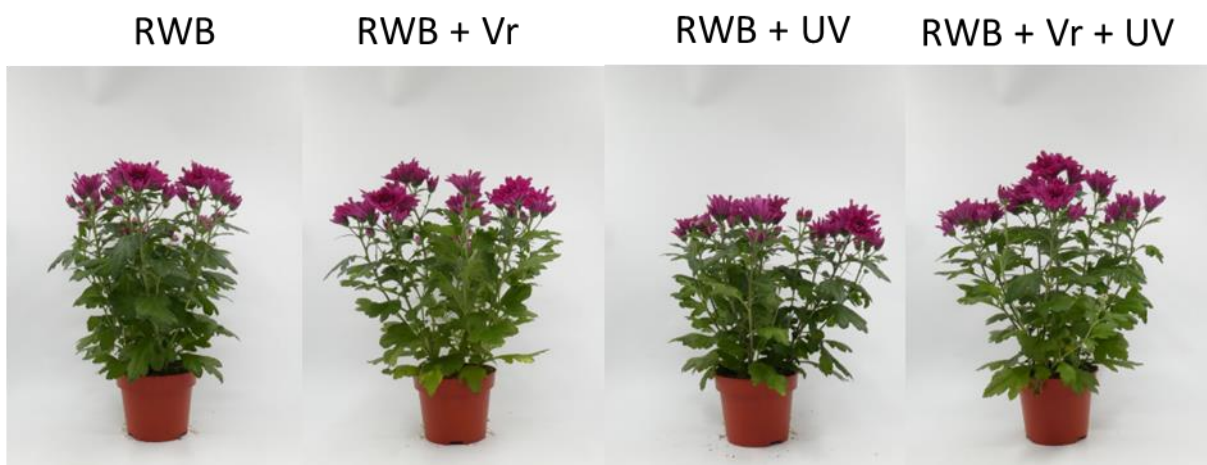
Tabel 8.4 (vervolg). Gegevens eindooft per ras en behandeling.

| Ras | behandeling | versgewicht (g) | | |
|------------|-------------|-----------------|-------------|---------------|
| | | bloemen | rest spruit | totaal spruit |
| Aubisque | RWB | 39.7 ± 6.6 a | 75 ± 3.3 a | 114 ± 9 a |
| | RWB+Vr | 37.7 ± 3.9 a | 66 ± 4.8 b | 104 ± 7 b |
| | RWB+UV | 35.7 ± 5.0 a | 72 ± 3.8 a | 108 ± 6 ab |
| | RWB+Vr+UV | 38.9 ± 3.2 a | 66 ± 3.4 b | 105 ± 5 ab |
| Dynamic | RWB | 38.2 ± 3.2 a | 81 ± 6.4 a | 119 ± 9 a |
| | RWB+Vr | 42.0 ± 6.7 a | 79 ± 8.7 a | 121 ± 12 a |
| | RWB+UV | 37.0 ± 5.5 a | 79 ± 7.8 a | 116 ± 13 a |
| | RWB+Vr+UV | 37.5 ± 2.8 a | 81 ± 7.4 a | 118 ± 9 a |
| Lake Worth | RWB | 25.0 ± 4.2 a | 68 ± 7.6 a | 93 ± 11 a |
| | RWB+Vr | 26.1 ± 1.6 a | 63 ± 5.3 a | 90 ± 6 a |
| | RWB+UV | 25.1 ± 3.3 a | 65 ± 4.7 a | 90 ± 7 a |
| | RWB+Vr+UV | 25.5 ± 2.9 a | 64 ± 6.7 a | 90 ± 9 a |

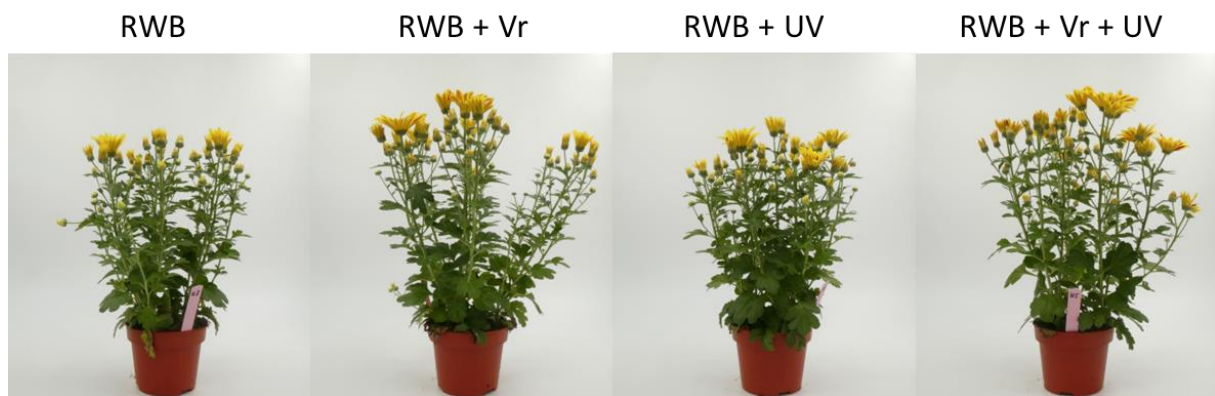
Data zijn gemiddelden van 9 herhalingen (10 voor lengte) en de standaarddeviatie. Binnen een ras zijn behandelingen niet significant verschillend van elkaar wanneer ze gevolgd worden door dezelfde letter (Tukey test; $\alpha=0.05$).



Aubisque

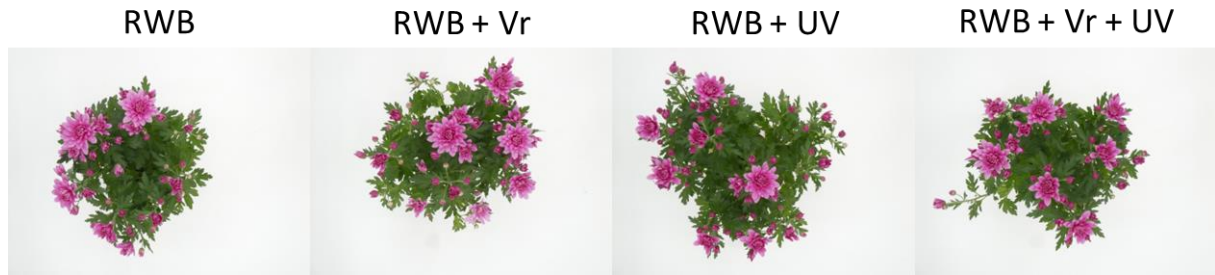


Dynamic



Lake Worth

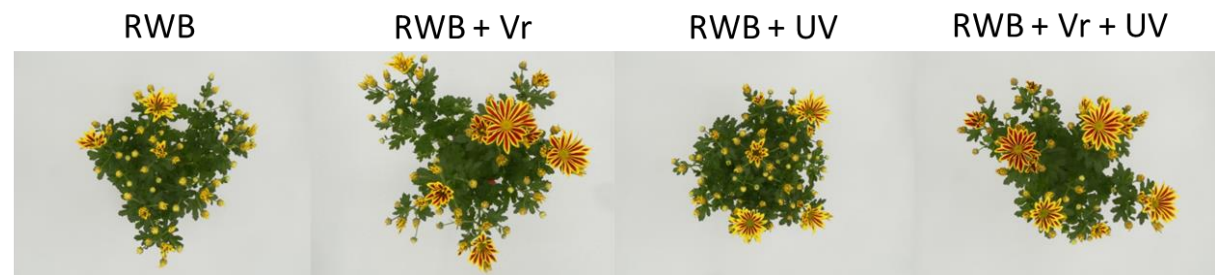
Figuur 8.3 Vooraanzicht bij eindooft.



Aubisque



Dynamic



Lake Worth

Figuur 8.4 Bovenanzicht bij eindooft.

8.3 Conclusies

- In geen van de behandelingen waren de planten compact (geteeld zonder remmiddel).
- Potchrysan kan verder goed onder LED worden geteeld onder winterse omstandigheden. Telers waren positief over het resultaat, behalve dan de niet-compacte plantvorm.
- Belichting met UV-B (308 nm) leverde geen kortere planten op in potchrysan in deze proef. Dit in tegenstelling tot kalanchoë (proefronde 3 en 4).
- 9% Verrood in de belichting zorgde voor wat langere planten, maar het effect was niet groot (maximaal 2 cm).
- Verrood in de belichting lijkt niet noodzakelijk voor goede bloei van potchrysan in deze proef. Voor deze rassen was er dus geen voordeel van de toevoeging van verrood aan het LED-spectrum. Andere rassen kunnen mogelijk verschillend reageren en dit kan afhangen van de intensiteit verrood van natuurlijk zonlicht.

9 Algehele Conclusies

Dit project had als doelstelling om te komen tot een energiezuinig teeltconcept voor bloeiende potplanten met zo min mogelijk gebruik van remmiddelen. Om energie te besparen zijn twee methodes van belang:

1. belichten met LED in plaats van SON-T, hierbij is het spectrum cruciaal
2. lange dag in een deel van de afkweek en minder belichten

LED-spectrum

Dit onderzoek heeft laten zien dat met het juiste LED-spectrum kalanchoë goed onder full-LED geteeld kan worden. Kalanchoë blijkt gevoelig voor het lichtspectrum, waarbij de aanwezigheid van verrood bij de daartoe gevoelige rassen cruciaal is. In eerste instantie werd geprobeerd een zo compact mogelijke plant te telen met puur rood/blauw LED licht. Ook werd een heel hoog percentage blauw licht (30%) getoetst voor remming van de lengtegroei. Het bleek dat de verschillende getoetste percentages blauw licht slechts beperkt invloed hadden op plantlengte (proefronde 1 en 2), maar bij het laagste percentage van 6% blauw was er een ongelijker bloemscherm ten opzichte van 30% blauw. Tussen 13% en 23% blauw (proefronde 2) was weinig verschil, dus 13% lijkt voldoende. Puur rood/blauw (ontbreken van verrood) gaf, afhankelijk van het ras, juist veel strekking vanwege doorwas. Vooral in winterse omstandigheden als er weinig verrood licht van de zon is, kan bij daartoe gevoelige rassen doorwas optreden. Verrood licht leidde dan juist tot minder strekking. De intensiteit van verrood licht hoeft niet hoog te zijn; $2.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ was al effectief om doorwas-gerelateerde strekking tegen te gaan (proefronde 7). Afschakelen van verrood tijdens de afkweek na 5 weken korte-dag leidde ook tot meer strekking dan verrood tijdens de hele korte-dag periode (proefronde 2). UV in de juiste golflengte en intensiteit kan worden gebruikt als niet-chemisch remmiddel. Het effect van UV op lengte was afhankelijk van de golflengte UV en de dosis bij kalanchoë. Alleen de kortere golflengten UV (285 & 308 nm piekgolflengte) hadden een duidelijk effect. Bij de kortste getoetste golflengte (285 nm) trad schade op. Toepassing van UV in de praktijk om lengtegroei te remmen zal afhangen van verdere ontwikkeling van UV-B LED's en kosten.

Op grond van dit project zijn er de volgende aanbevelingen wat betreft het LED-spectrum voor kalanchoë:

- Een aandeel blauw in het spectrum rond 13% voor gelijkere bloemschermen.
- Indien in de kas onder belichting wordt gewerkt is een klein aandeel witte LED's prettig voor het oog.
- Een klein aandeel verrood (5%) om doorwas-gerelateerde strekking tegen te gaan.
- Verrood tijdens de hele afkweek blijven belichten.
- UV-B wordt interessant als alternatief voor remmiddelen zodra er energetisch efficiëntere en betaalbare lichtbronnen beschikbaar komen.

Potchrysaant bleek voor de drie getoetste rassen goed te telen onder LED RWB (13% blauw, 5% groen, 82% rood). Toevoeging van verrood was niet nodig voor een goede bloei en gaf iets meer strekking, wat ongewenst is. UV-B (308 nm) had geen effect op lengte. Alle planten waren wel overmatig gestrekt (geen remmiddel).

Lichtintensiteit en daglengte

Na minimaal vier weken korte dag kan kalanchoë verder worden afgekweekt onder lange dag met goede plantkwaliteit (proefronde 5, 6 en 7). Korter dan vier weken korte-dag verstoort de bloei. Hoe hoger de lichtintensiteit in de lange dag (LD), hoe mooier en zwaarder de plant. Toch kan er ook bij lagere lichtintensiteit met LD een net zo mooie en zware plant worden gekweekt als onder KD met dezelfde lichtsom. Als tijdens LD meer gebruik wordt gemaakt van natuurlijk zonlicht kan bespaard worden op elektraverbruik voor belichting. Tevens kunnen telers zo makkelijker gebruik maken van momenten met goedkopere stroomprijzen. In het algemeen geeft een hogere lichtsom een zwaardere plant, maar tijdens de eerste weken opkweek bij lange-dag (vegetatieve fase) kan kalanchoë wel met een relatief lage lichtintensiteit ($30 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) geteeld worden zonder nadelig effect op de eindkwaliteit.

Energiezuinige teelt met minder remmiddelen?

Alle proeven in dit project zijn gedaan zonder enig remmiddel. Er is voor kalanchoë aangetoond dat lichtspectrum een fors effect heeft op compactheid van de plant bij gevoelige rassen. Belichting met rood/blauw LED zonder verrood tijdens de winter dient bij gevoelige kalanchoë-rassen vermeden te worden. Eventueel kan ook met UV-licht geremd worden, maar die methode lijkt nu nog kostbaar te zijn. Ook moet de lichtintensiteit niet te laag zijn om een mooie compacte plant te telen.

Het gebruik van elektra en remmiddelen kan dus worden verminderd als kalanchoë met de juiste strategie wordt belicht. Door de inzichten uit dit onderzoek te combineren in één teeltconcept kan een forse stap gemaakt worden naar een energiezuinigere kalanchoë-teelt.

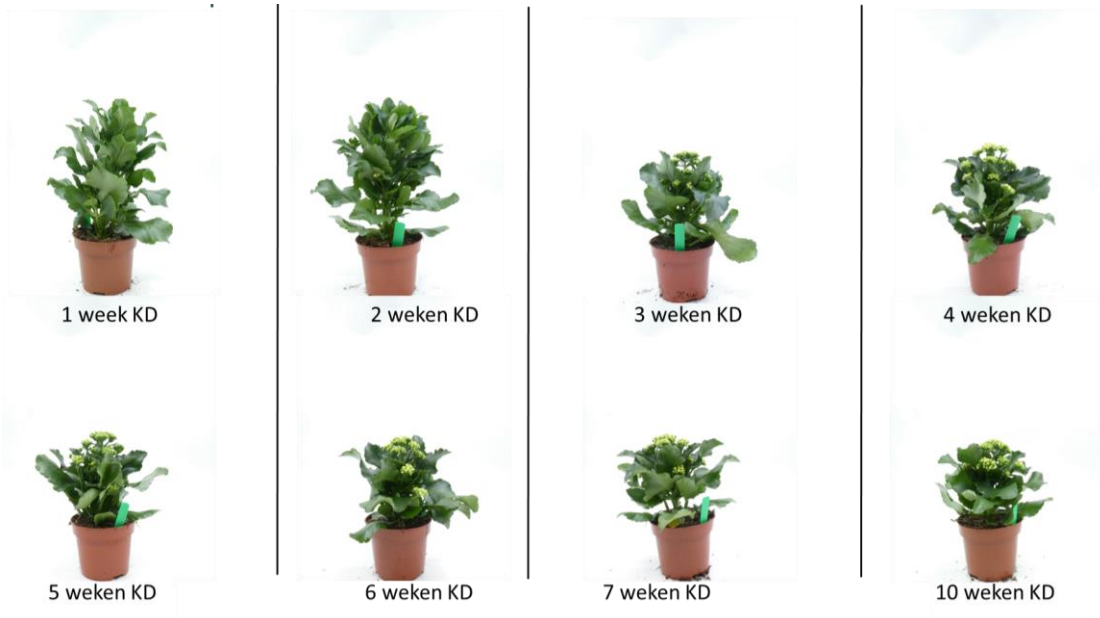
Referenties

- Bergstrand KJI** (2017) Methods for growth regulation of greenhouse produced ornamental pot- and bedding plants - A current review. *Folia Horticulturae* **29**: 63–74
- van den Boogaart SAJ, Hogewoning SW, Trouwborst G** (2022). Lisianthus: effecten van lichtspectrum en straling. Deelrapport VII in project “Fundamentele kennisontwikkeling LED-belichting voor praktische toepassing in de kas” & WP1 in project “Lisianthus toekomstbestendig stap één: minder elektra met LED”. Plant Lighting B.V., Bunnik. 36p
- Brown BA, Jenkins GI** (2008) UV-B signaling pathways with different fluence-rate response profiles are distinguished in mature arabidopsis leaf tissue by requirement for UVR8, HY5, and HYH. *Plant Physiol* **146**: 576–588
- Croser JS, Pazos-Navarro M, Bennett RG, Tschirren S, Edwards K, Erskine W, Creasy R, Ribalta FM** (2016) Time to flowering of temperate pulses in vivo and generation turnover in vivo–in vitro of narrow-leaf lupin accelerated by low red to far-red ratio and high intensity in the far-red region. *Plant Cell Tissue Organ Cult* **127**: 591–599
- Hogewoning SW, Krause A, van den Boogaart SAJ, Sam-Sin G, Kok BJ, Helmus-Schuddebeurs L** (2020) Leliebroei op weg naar fossielvrij: Voorbroei onder LED.
- Hogewoning SW, Trouwborst G, Pot CS, Eveleens BA, Dueck T** (2015) Sturen op compactheid zonder bloeivertraging?
- Hogewoning SW, van den Boogaart SAJ, van Tongerlo E, Trouwborst G**. 2021. CAM-physiology and carbon gain of the orchid *Phalaenopsis* in response to light intensity, light integral, and CO₂. *Plant, Cell, and Environment* **44**:762-774.
- R Core Team** (2013) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.r-project.org/>
- Trouwborst G, Hogewoning SW, Muilwijk R** (2018) Hoe werkt een Kalanchoë? Kennisontwikkeling voor een optimale energiezuinige teelt. Plant Lighting B.V., Bunnik. 40p.

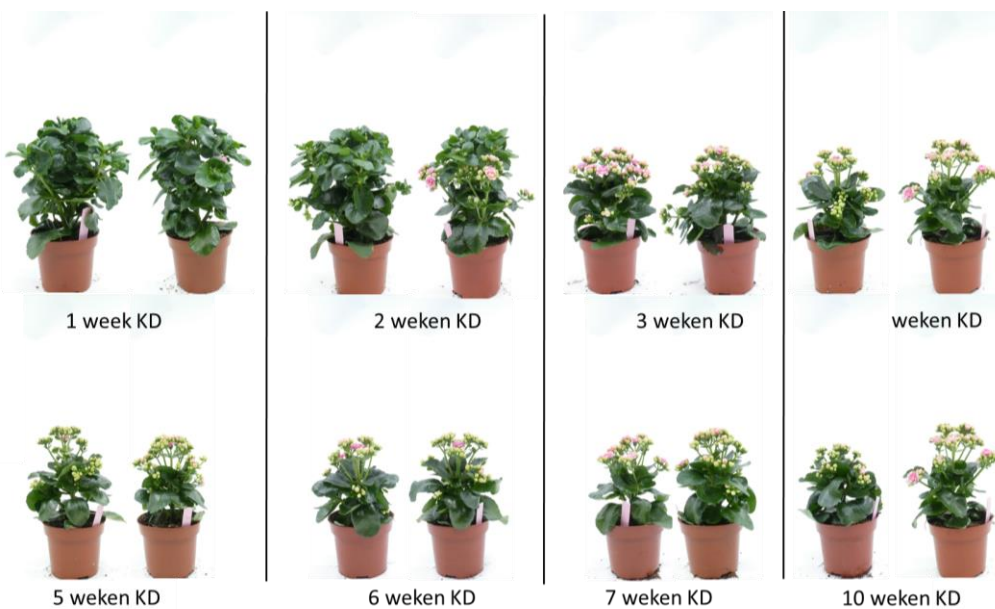
Bijlage – Foto's overige rassen

Proefronde 5 – Daglengte

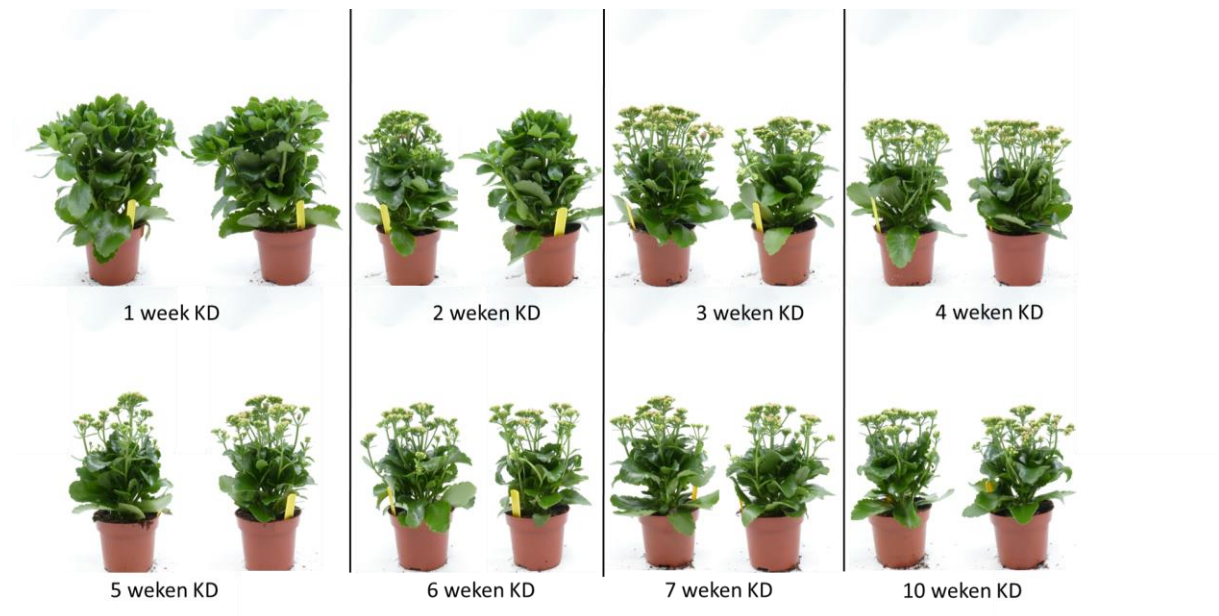
Perfecta Yellow



Bicolor Pink



Don Alano



Proefronde 6 – Lichtintensiteit en daglengte

Don Amarillo



KD HL

LD HL

LD LL

KD LL

Lipstick



KD HL

LD HL

LD LL

KD LL

Don Alano



KD HL

LD HL

LD LL

KD LL

Perfecta Yellow



KD HL

LD HL

LD LL

KD LL

Don Amarillo



KD HL

LD HL

LD LL

KD LL

Lipstick



KD HL

LD HL

LD LL

KD LL

Don Alano



KD HL

LD HL

LD LL

KD LL

Perfecta Yellow



KD HL

LD HL

LD LL

KD LL

Proefronde 7 – Verrood en besparen op energie

Lipstick



Don Alano



Don Amarillo

