

LED belichting tijdens het voortrekken van lelie

Hans Kok en Jeroen Wildschut

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit
PPO nr. 3236069100/PT 13557
Lisse, April 2010

© 2010 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving / Plant Research International, Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit.

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



PPO- Projectnummer: 32 360691 00

PT - Projectnummer: 13557

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit

Adres : Prof. Van Slogterenweg 2, Lisse

: Postbus 85, 2160 AB Lisse

Tel. : 0252 - 46 21 21

Fax : 0252 - 46 21 00

E-mail : infobollen.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 1 ^E PROEF, PLANTDATUM 7 MEI 2009	9
2.1 Materiaal en methoden.....	9
2.2 Resultaten.....	11
3 2 ^E PROEF, PLANTDATUM 7 SEPTEMBER 2009	23
3.1 Materiaal en methoden.....	23
3.2 Resultaten.....	26
4 BEDRIJFSECONOMISCHE VERGELIJKING EN ENERGIEBESPARING	35
5 DISCUSSIE	41
6 CONCLUSIES	43
BIJLAGE RESULTATEN BRINDISI EN WHITE HEAVEN	FOUT! BLADWIJZER NIET GEDEFINIEERD.
BIJLAGE FOTO'S 1 ^E PLANTING	FOUT! BLADWIJZER NIET GEDEFINIEERD.
BIJLAGE FOTO'S 2 ^E PLANTING	FOUT! BLADWIJZER NIET GEDEFINIEERD.

Samenvatting

De laatste jaren staat het gebruik van LED-lampen in de tuinbouw in de belangstelling. Uit vele onderzoeken is al gebleken dat LED-lampen op dit moment nog geen alternatief zijn voor de SON-T lampen. Het grote voordeel van LED-lampen is dat ze monochromatisch licht van alle mogelijke golflengtes binnen en rond het PAR-spectrum geven. Doordat LED's geen warmtestraling geven is het mogelijk om ze dicht op het gewas te plaatsen waardoor in een teeltsysteem in meer lagen kan worden voorgetrokken. Hierdoor kan de kasperiode flink verkort worden. Per steel is dan voor verwarming en belichting in de kas een kortere periode, dus minder energie nodig.

In dit project werd onderzocht of lelies de eerste 6 weken na opkomst onder LED voorgetrokken kunnen worden. De lelies werden onder LED, onder verschillende rood/blauw verhoudingen voorgetrokken onder 50 μmol per m^2 per sec (in het vervolg aangeduid als μmol) en onder een van 10 tot 67 μmol oplopende lichtintensiteit. Voor dit onderzoek werd één cultivar uit de groep van de Oriëntals, één LA-hybriden en één Longiflorum gebruikt.

De resultaten werden bedrijfseconomisch doorgerekend om te bepalen of voortrekken onder LED financieel haalbaar is. In de bedrijfseconomische evaluatie werd een vergelijking gemaakt tussen lelieteelt op mobiele tafels in een kas zonder voortrek, en lelieteelt op mobiele tafels met voortrek in een meerlagensysteem in bewaarcellen.

Alle drie cultivars lieten onder LED dezelfde gewasreactie zien. Zowel onder rode als onder blauwe LED of een combinatie van beide lichtkleuren groeide het gewas goed. Onder uitsluitend rode of blauwe LED werden de lelies het langst. Onder een combinatie van beide lichtkleuren bleef het gewas korter. Onder uitsluitend rode LED waren de bladeren smal en opstaand, onder blauwe LED was het blad aanzienlijk breder en was de stand horizontaal. Ook onder de combinatie rode + blauwe LED waren de bladeren breed met een horizontale bladstand. Het is in dit project goed mogelijk gebleken om de lelies de eerste 6 weken van de groei (tot knoppen zichtbaar worden) onder 50 μmol rode of blauwe LED voor te trekken. De takkwaliteit was vergelijkbaar met de takkwaliteit in de kascontrole. Onder een combinatie van rode + blauwe LED was de kwaliteit, afhankelijk van de cultivar, iets minder wat bijvoorbeeld in Brindisi tot uiting kwam in langere slappere takken en knopval. Bij planting in mei werd na sommige LED-behandelingen knopval in de kas waargenomen. Dit bleek te voorkomen door onder uitsluitend blauwe of rode LED voor te trekken. In de 2^e trek werd in Helvetia bladverbranding waargenomen in alle LED-behandelingen waarin de lelies onder een combinatie van rode + blauwe LED, of onder uitsluitend rode LED waren voorgetrokken. De minimaal benodigde intensiteit rode + blauwe LED verschilde per cultivar en periode van opplant. De Oriëntals Muscadet en Helvetia en de LA-hybride Brindisi hadden tijdens het voortrekken onder LED een minimale lichtsterkte van 50 μmol rode + blauwe LED nodig voor een goede takkwaliteit. Voor White Heaven was dit respectievelijk 10 μmol rode + blauwe LED in mei en 18 μmol in september.

In de haalbaarheidsanalyse werd berekend of het voortrekken van lelies in meer lagen in een bewaarcel economisch haalbaar is. In de berekeningen werd uitgegaan van een kas van 10.000 m^2 met een teeltsysteem op roltafels en een kasbenutting van 90%. Er zijn 3,5 trekken per jaar mogelijk. Door in 6 lagen voor te trekken zijn 5,8 trekken per jaar mogelijk. Hierdoor gaat de productie van 1,25 miljoen naar 2,1 miljoen stelen per jaar met een kostprijsreductie van 11,9 cent per steel.

Hoewel de huidige LED's weinig efficiënt zijn, is voortrek in meer lagen in een bewaarcel onder LED economisch al haalbaar.

1 Inleiding

Lelies uit de groep van de Oriëntals worden op kisten gebroeid. Na opplant worden de lelies voorgetrokken in een voortrekcel bij 9°C. Zodra de lelies opkomen worden de kisten in de kas geplaatst en in bloei getrokken. Door het voortrekken van de lelies verbetert de kwaliteit in de kas en is het aantal kasdagen lager. In de wintermaanden worden de lelies bijbelicht met het oranje SON/T-licht. De teelt van lelies in de kas gaat gepaard met hoge kosten voor belichting en verwarming. Indien de lelies langer in de voortrekrimte zouden kunnen blijven staan kan de kasperiode korter worden.

Uit PPO-onderzoek is bekend dat belichting met het wittere HQI/T- of HPI/T-licht, dat meer blauw licht bevat dan SON/T, positieve effecten heeft: het blad spreidt eerder, er treedt veel minder bladverbranding op en de trekduur is enkele dagen tot weken korter. De wittere lampen worden nauwelijks toegepast omdat ze iets minder efficiënt zijn en een kortere levensduur hebben en soms tot iets kleinere knoppen kunnen leiden. LED-lampen leveren monochromatisch licht van alle mogelijke golflengtes binnen en rond het PAR-spectrum. Met LED's is het mogelijk om de ontwikkeling en de kwaliteit van lelies te sturen.

Door belichting met blauwe LED's wordt het mogelijk om tijdens de voortrekfase het relatieve aandeel van blauw licht in de bijbelichting van lelies te verhogen. Naar verwachting zal dit leiden tot een kwaliteitsverbetering. Door de kwaliteit al in de voortrekfase positief te beïnvloeden (bladspreiding, verdamping, groen worden) kan de voortrekfase fors verlengd worden, wat bedrijfseconomisch zeer interessant is.

Om bovengenoemde voordelen te kunnen realiseren is het belangrijk dat de lelies de eerste weken van de groei, tot het moment dat de knoppen zichtbaar worden, onder LED kunnen worden voorgetrokken. Hierbij is het van belang dat de voortrek onder LED geen negatieve gevolgen heeft voor de takkwaliteit later in de kas. In dit project werden de mogelijkheden onderzocht, om lelies zo lang mogelijk voor te trekken onder LED-licht, zodat de kasfase zoveel mogelijk verkort wordt. Daarnaast is een bedrijfseconomische analyse van deze nieuwe manier van telen gemaakt.

2 1^e proef, plantdatum 7 mei 2009

In dit onderzoek werden 3 lelies, één uit de groep van de Oriëntals, één uit de groep van de LA-hybriden en één uit de groep van de Longiflorum hybriden op potgrond in kisten geplant en voorgetrokken bij 9°C. Op het moment dat de lelies boven kwamen werden de kisten onder LED geplaatst. Onder LED werd de celtemperatuur op 15°C gehouden. Op het moment dat de knoppen zichtbaar werden zijn de kisten in de kas geplaatst en onder daglicht in bloei getrokken. Tijdens de groei onder LED en op het moment dat de lelies in de kas werden geplaatst zijn foto's gemaakt (Bijlage foto's 1^e planting). Lichtintensiteiten ($\mu\text{mol per m}^2 \text{ per sec}$) worden verkort weergegeven als μmol .

2.1 Materiaal en methoden

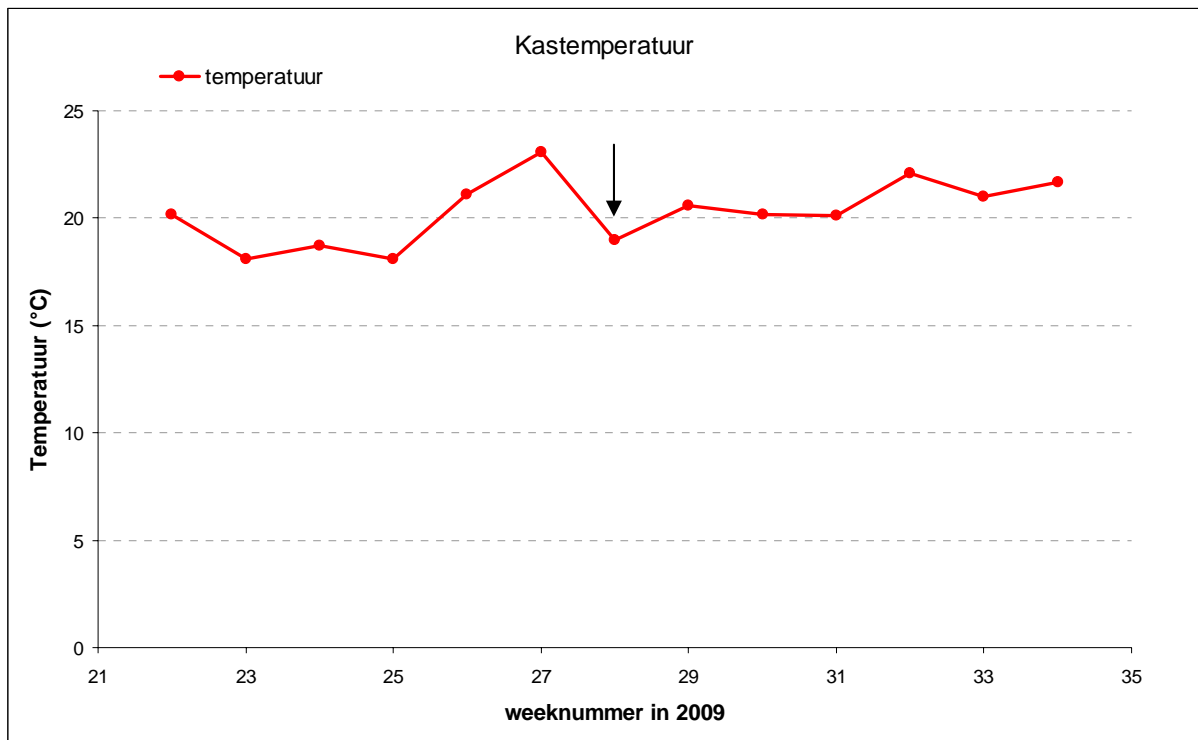
Cultivars en zift en aantal per kist	: - Oriëntal Muscadet, 14-16 12 bollen/kist - LA-hybride Brindisi, 14-16 14 bollen/kist - Longiflorum White Heaven, 14-16 12 bollen/kist
Plantdatum	: 7 mei 2009
Substraat	: opplant in potgrond in kisten
Voortrektemperatuur (donker)	: 9°C
Voortrekduur	: tot opkomst (22 dagen)
Datum onder LED	: 29 mei 2009
Celtemperatuur onder LED	: 15°C
Kastemperatuur	: 16-17°C
Scherming	: Krijtscherm
Lichtniveau onder LED en rood/blauw verhoudingen	: zie schema in tabel 1
Belichtingsduur onder LED	: 16 uur per etmaal
Aantal weken onder LED-belichting	: \pm 6 weken tot zichtbaar worden van de knoppen
Datum kisten de kas in	: - Oriëntal Muscadet, 9 juli 2009 - LA-hybride Brindisi, 28 juni 2009 - Longiflorum White Heaven, 17 juli 2009

Tabel 1. Samenstelling gerealiseerde LED-belichting:

	$\mu\text{mol Rood}$	% Rood	$\mu\text{mol Blauw}$	% Blauw	Totaal μmol
Effect van Rood/Blauw verhoudingen bij een totaal van 50 μmol	50 37,5 32 17 0	100 75 64 34 0	0 12,5 18 33 50	0 25 36 66 100	50 50 50 50 50
Effect van lichtintensiteit bij ongeveer gelijke Rood/Blauw verhoudingen	5 15 32 44	50 60 64 66	5 10 18 23	50 40 36 34	10 25 50 67
Controle direct in de kas					

De hele proef lag in enkelvoud m.u.v. de controle. Deze lag in duplo. Bij het bestuderen van de effecten van verschillende lichtniveaus was het de bedoeling om de Rood/Blauw verhouding onder alle niveaus op 50/50% te houden. Technisch was dit echter niet mogelijk. Daardoor varieerde de Rood/Blauw verhouding van 50/50 tot 64/36%.

Op 22 juni en 13 juli werd de hele proef bemest met 25 gram kalksalpeter per m^2 .



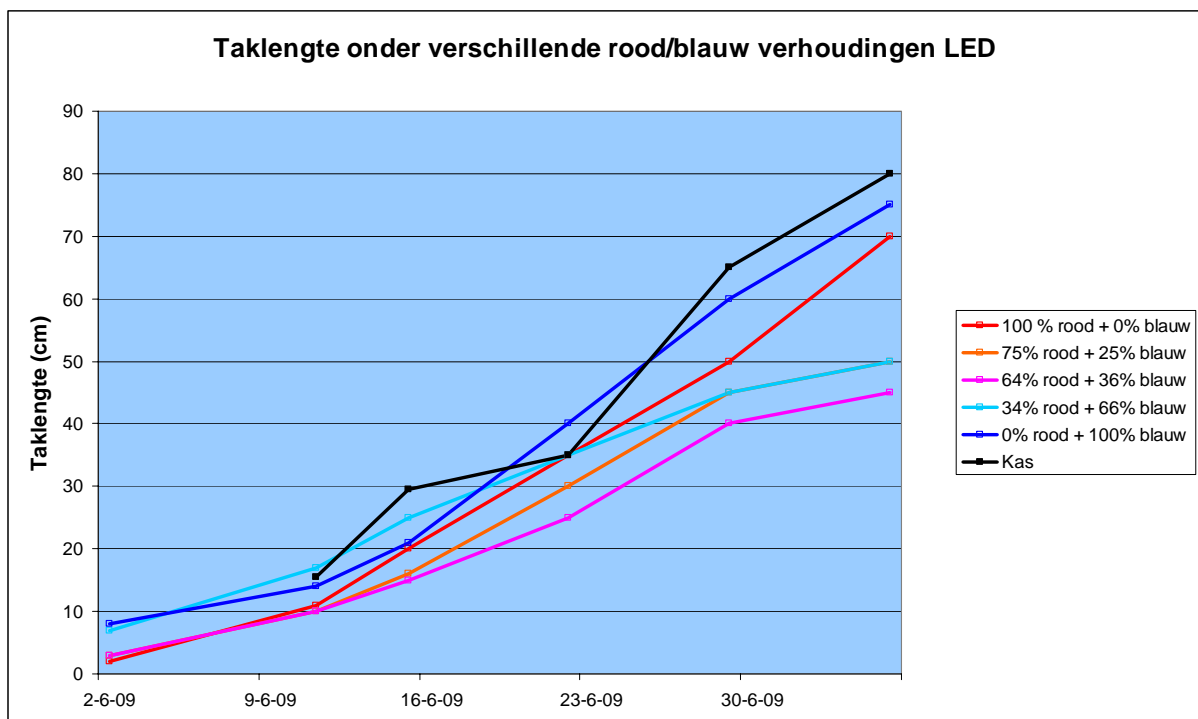
Figuur 1. De gemiddelde temperatuur per week tijdens de teelt in de kas.

De gerealiseerde kastemperatuur is tijdens de hele trek vele graden hoger geweest dan de ingestelde temperatuur van 16°C. De pijl in figuur 1 geeft het moment aan waarop de Oriëntal Muscadet in de kas werd geplaatst.

2.2 Resultaten

Bij analyse van de takkwaliteit bleek dat de 3 cultivars op dezelfde wijze hebben gereageerd op het voortrekken onder LED. Om die reden worden alleen de resultaten van de Oriëntal Muscadet behandeld. De resultaten van de LA-hybride Brindisi en de Longiflorum White Heaven worden weergegeven in de bijlagen (Brindisi tabel 1 t/m 4, White Heaven tabel 5 t/m 8). Afwijkende plantreacties in Brindisi of White Heaven worden wel vermeld.

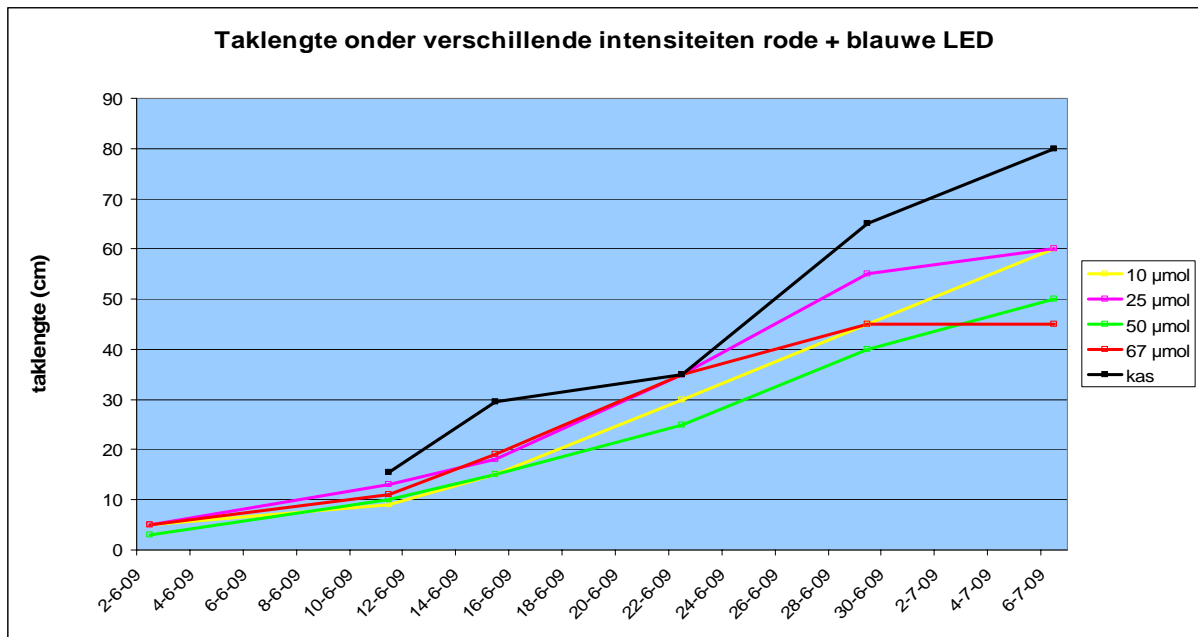
In de volgende 2 figuren wordt de taklengte van Muscadet weergegeven onder verschillende verhoudingen rode + blauwe LED (figuur 2) en onder verschillende intensiteiten rode + blauwe LED (figuur 3). Ter vergelijking wordt de controle in de kas weergegeven. Aan het eind van deze periode werden alle behandelingen in de kas geplaatst.



Figuur 2. Het effect van verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 μmol) op de taklengte van Muscadet ten opzichte van de taklengte in de kas

Effect van Rood/Blauw verhouding op de taklengte onder LED:

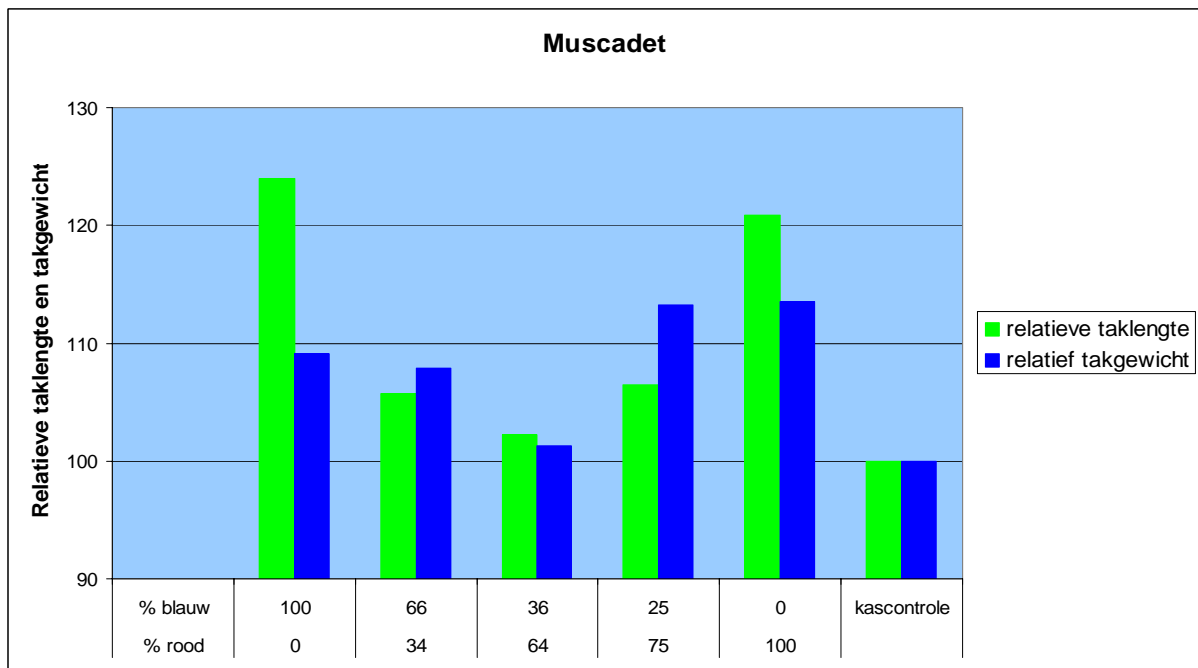
Onder 100% rode LED was het gewas erg mager met smalle bladeren en een opstaande bladstand. Onder 100% blauwe LED stond het gewas er beter bij met grote horizontaal staande bladeren. Hoe groter het aandeel blauwe LED in de combinatie des te groter de bladeren waren en des te horizontaler de stand (zie foto's in bijlage). De lelies die uitsluitend onder rode dan wel blauwe LED werden voortgetrokken werden het langst (figuur 2). De controle in de kas werd tijdens deze voortrekperiode nog iets langer. De behandelingen die onder een combinatie van rode + blauwe LED werden voortgetrokken bleven achter in lengtegroei.



Figuur 3. Het effect van verschillende intensiteiten rode + blauwe LED (in μmol) op de taklengte van Muscadet ten opzichte van de taklengte in de kas (voor exacte lichtintensiteiten Rood en Blauw, zie tabel 1, pagina 9)

Effect van lichtintensiteit op de taklengte onder LED:

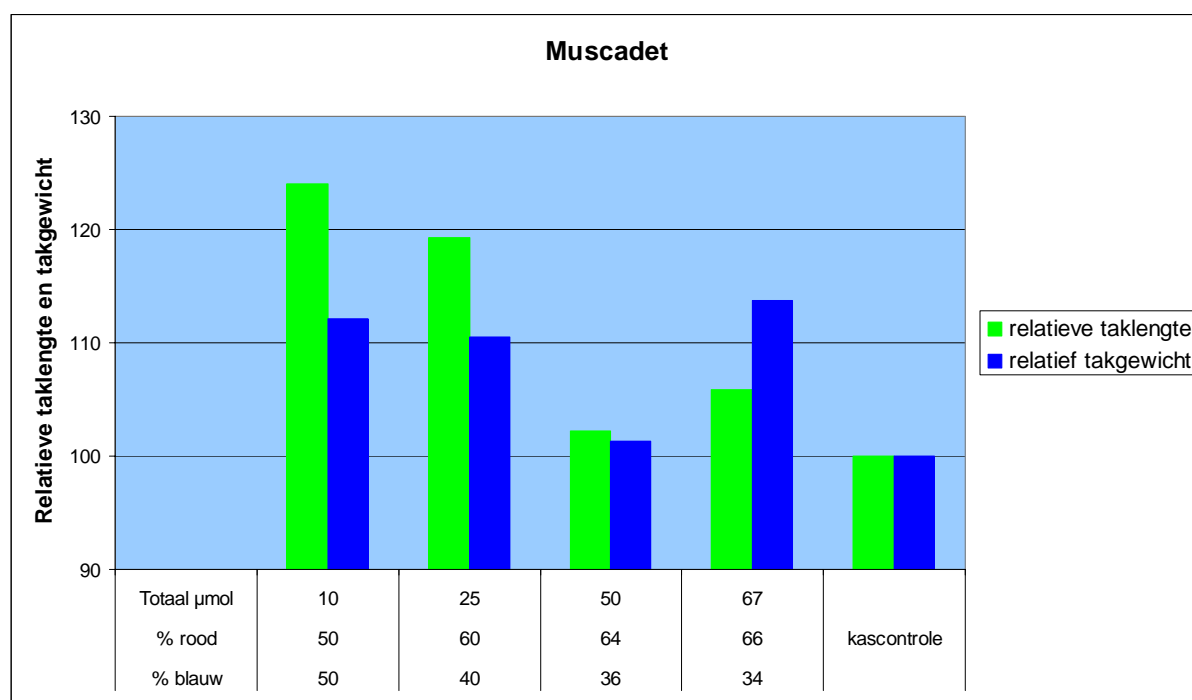
Alle lelies werden onder LED minder lang dan in de kas (figuur 3). Tot 22 juni ging de groei gelijk op, daarna nam de taklengte in de kas sterker toe dan onder LED. De lelies die onder de laagste intensiteit rode + blauwe LED werden voorgetrokken waren het langst op 6 juli. De lelies die onder 50 of 67 μmol rode + blauwe LED waren voorgetrokken waren het kortst.



Figuur 4. Het effect van verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 μmol) op de relatieve taklengte en het takgewicht ten opzichte van de kascontrole (=100% en komt overeen met 86 cm en 120 gram)

Effect van Rood/Blauw verhouding op de relatieve taklengte en takgewicht:

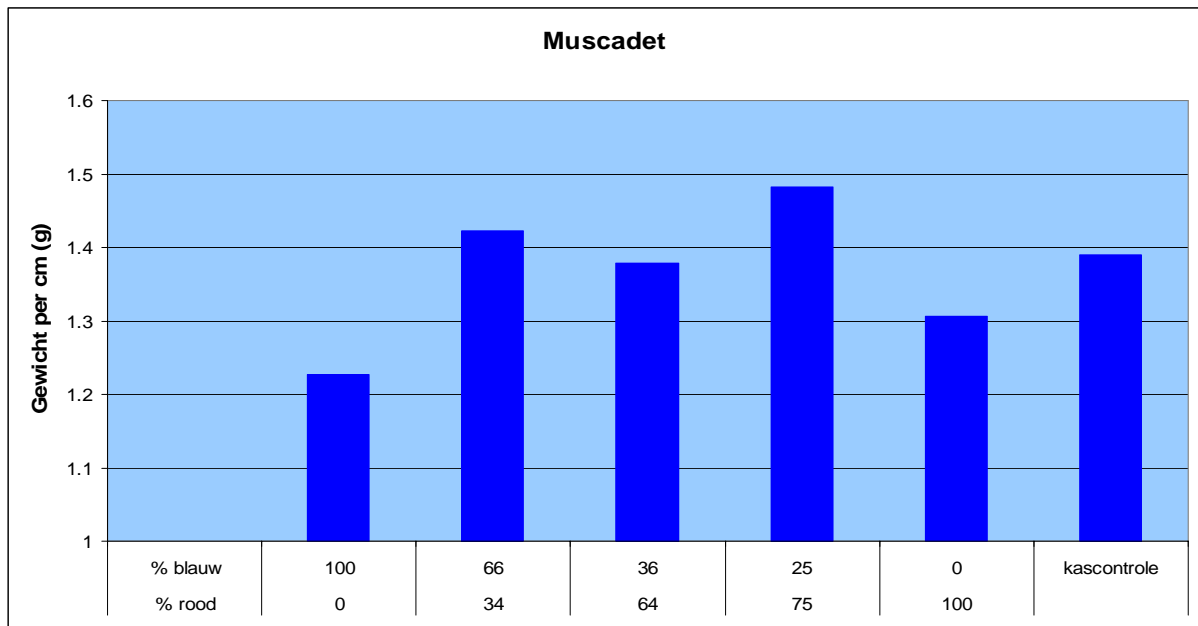
De lelies werden het langst na voortrekken onder 100% blauwe of rode LED en het kortst onder 36% blauwe en 64% rode LED (figuur 4). De taklengte van de twee behandelingen met meer rode dan wel blauwe LED zat hier precies tussenin. De lelies in de kascontrole waren het kortst en het laagst in gewicht. Alle behandelingen die onder rode en of blauwe LED waren voortrokken werden zwaarder dan de kascontrole. Het takgewicht was het hoogst in de behandelingen die onder 100% rode LED of 75% rode + 25% blauwe LED waren voortrokken.



Figuur 5. Het effect van de intensiteit rode + blauwe LED op de relatieve taklengte en het takgewicht ten opzichte van de kascontrole (=100% en komt overeen met 86 cm en 120 gram)

Effect van lichtintensiteit op de relatieve taklengte en takgewicht:

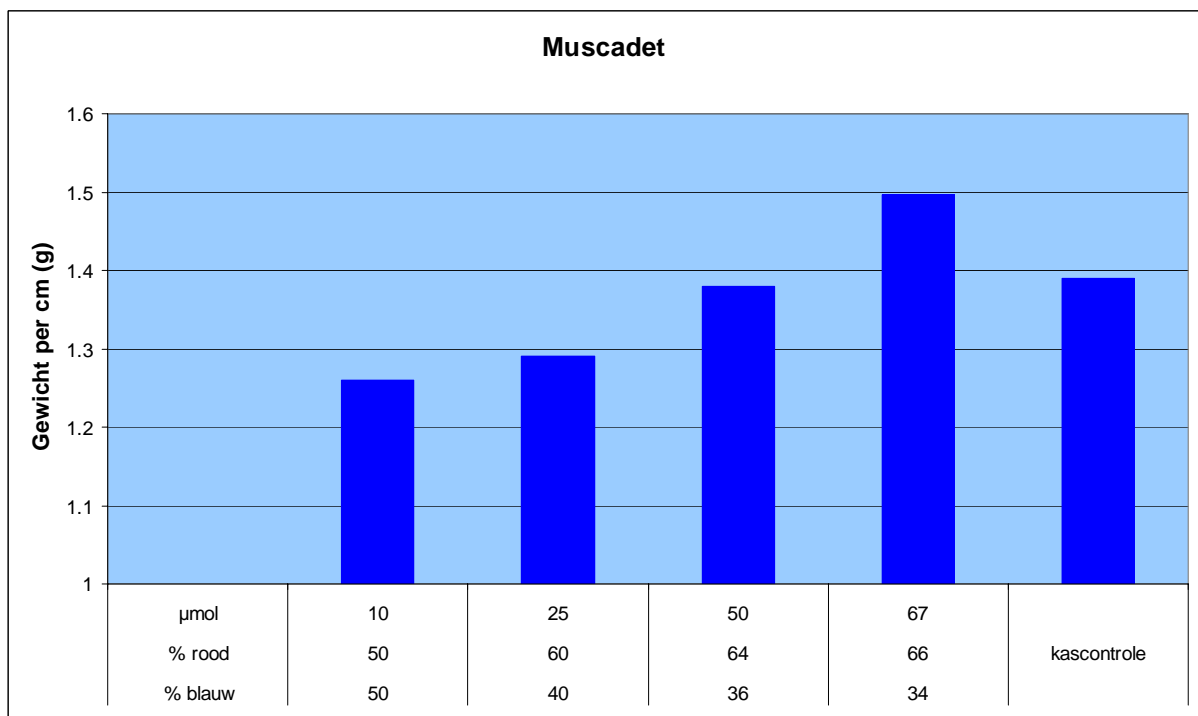
Hoe lager de lichtintensiteit rode + blauwe LED des te langer werden de lelies (figuur 5). De lelies die onder 50 μmol rode + blauwe LED werden voortrokken waren qua lengte en gewicht vergelijkbaar met de kascontrole. De andere behandelingen waren langer en zwaarder dan de kascontrole.



Figuur 6. Het effect van verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 μ mol) op de stevigheid van de takken weergegeven in gewicht per cm

Effect van Rood/Blauw verhouding op het gewicht per cm:

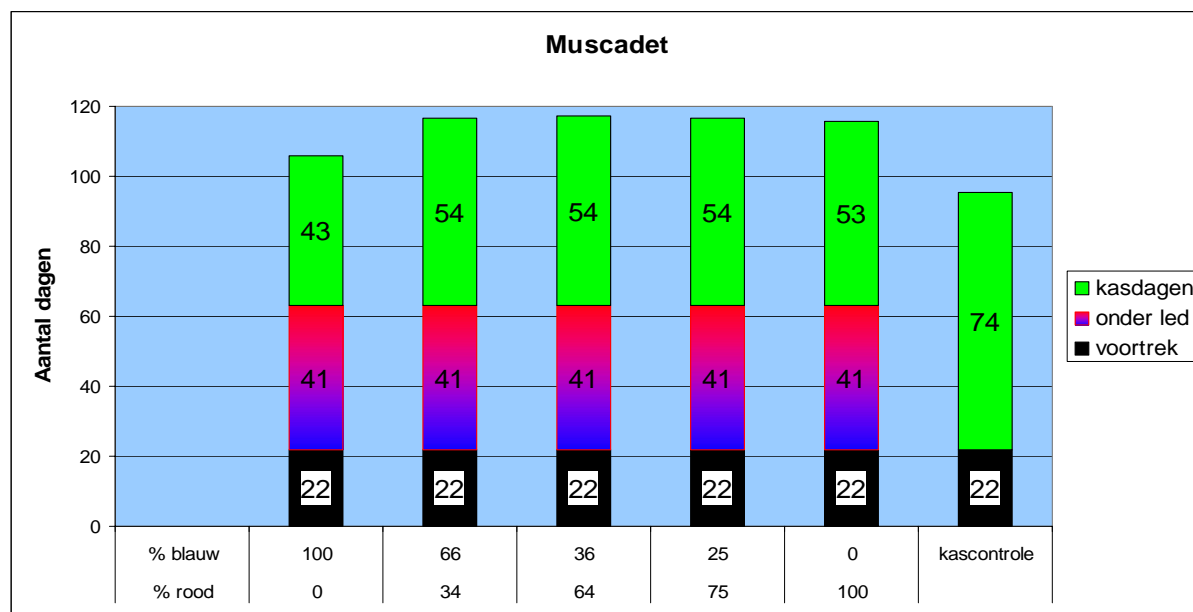
Het gewicht per cm in de kascontrole was 1,4 gram (figuur 6). In de behandelingen die onder 100% rode of blauwe LED waren voorgetrokken werd het gewicht per cm uiteindelijk lager dan in de kascontrole. In de overige behandelingen die onder een combinatie van rode + blauwe LED waren voorgetrokken werd het gewicht per cm vergelijkbaar met of hoger dan de kascontrole.



Figuur 7. Het effect van de intensiteit rode + blauwe LED op de stevigheid van de takken weergegeven in gewicht per cm

Effect van lichtintensiteit op de stevigheid:

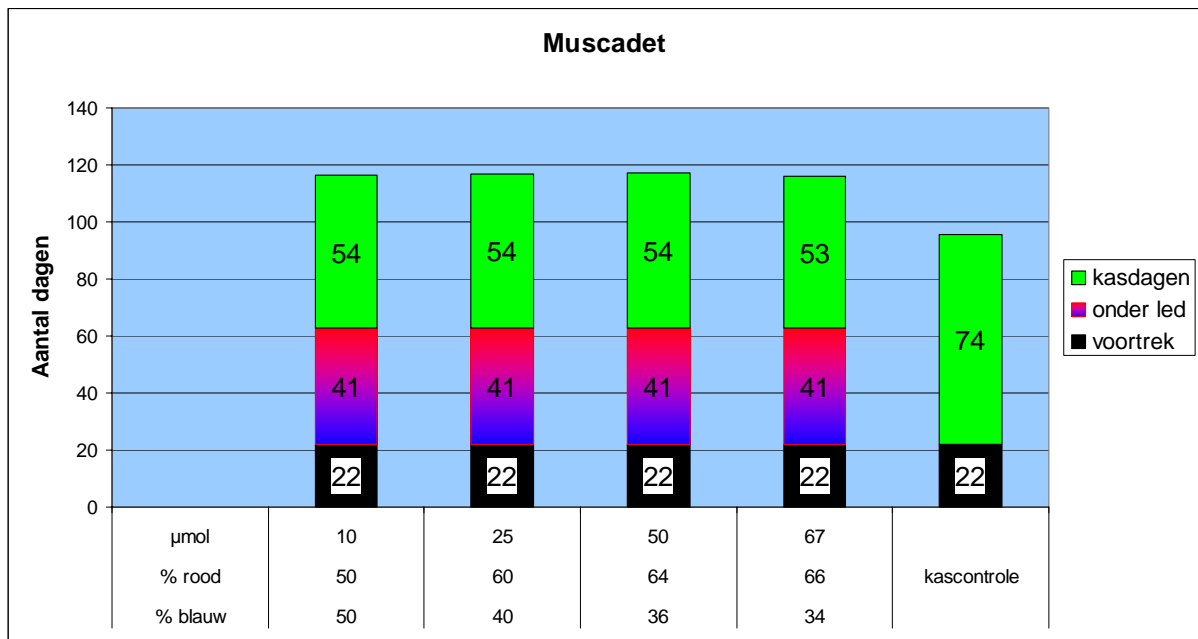
Het gewicht per cm werd het laagst in de behandelingen die onder 10 μmol rode + blauwe LED waren voorgetrokken (figuur 7). Met het verhogen van de lichtintensiteit nam het gewicht per cm toe. De lelies die onder 50 μmol LED waren voorgetrokken hadden uiteindelijk hetzelfde gewicht per cm als de kascontrole. De lelies die onder 67 μmol waren voorgetrokken hadden na de kasfase een hoger gewicht per cm.



Figuur 8. Het effect van verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 μmol) op het aantal kasdagen

Effect van Rood/Blauw verhouding op het aantal kasdagen:

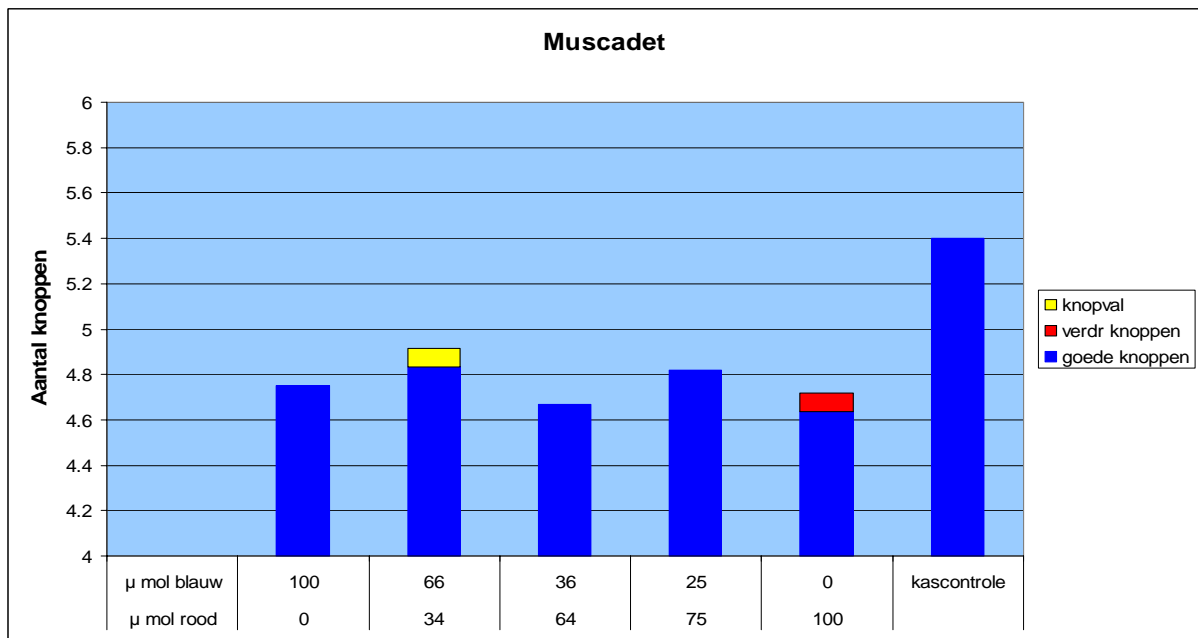
De totale teeltduur van de kascontrole was 96 dagen (figuur 8). Alle behandelingen die onder LED waren voorgetrokken hadden een langere teeltduur dan de kascontrole. De lelies die onder 100% blauwe LED waren voorgetrokken hadden een teeltduur van 106 dagen. De lelies in de andere behandelingen hadden een totale teeltduur van 116 of 117 dagen. Door de lelies onder LED voor te trekken werd het aantal kasdagen aanzienlijk verkort. Het aantal kasdagen was in de lelies die onder 100% blauwe LED waren voorgetrokken 31 dagen korter dan in de kascontrole. In de andere behandelingen was het aantal kasdagen 20 tot 21 dagen korter.



Figuur 9. Het effect van verschillende intensiteiten rode + blauwe LED op het aantal kasdagen

Effect van lichtintensiteit op het aantal kasdagen:

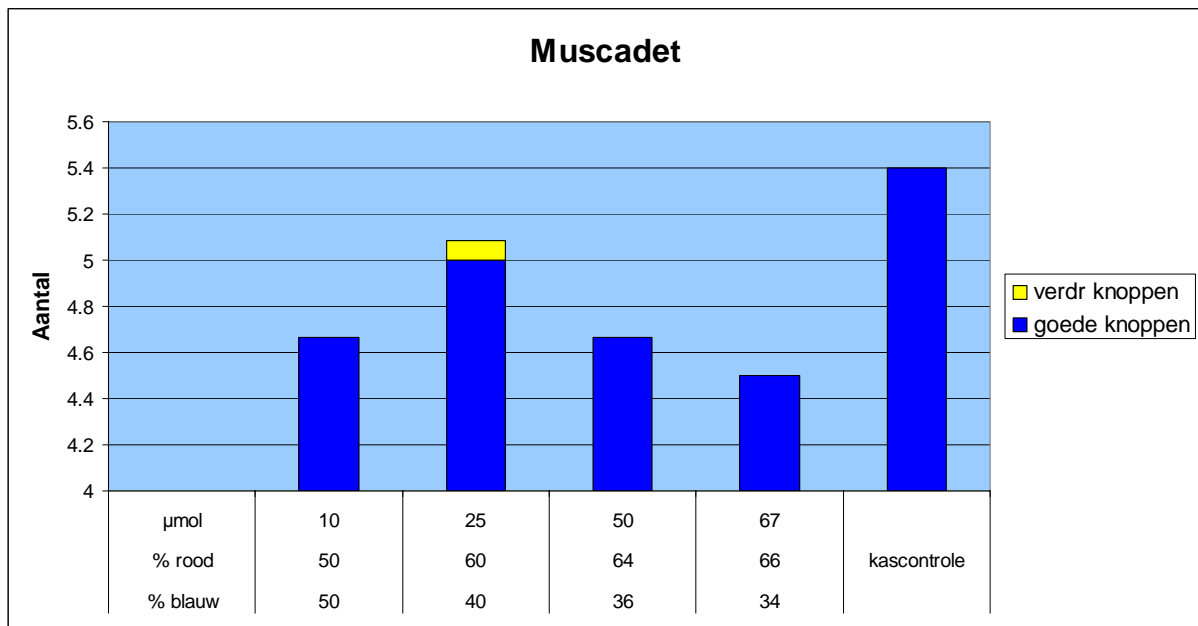
De intensiteit rode + blauwe LED tijdens het voortrekken was niet van invloed op het aantal kasdagen (figuur 9). Ten opzichte van de kascontrole werd het totaal aantal kasdagen ongeveer 20 dagen korter door de lelies gedurende 41 dagen onder LED te laten groeien.



Figuur 10. Het effect van verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 μmol) op het aantal knoppen dat eraf viel, het aantal dat verdroogde en het aantal goede knoppen

Effect van Rood/Blauw verhouding op het aantal goede en verdroogde knoppen en het aantal knopval:

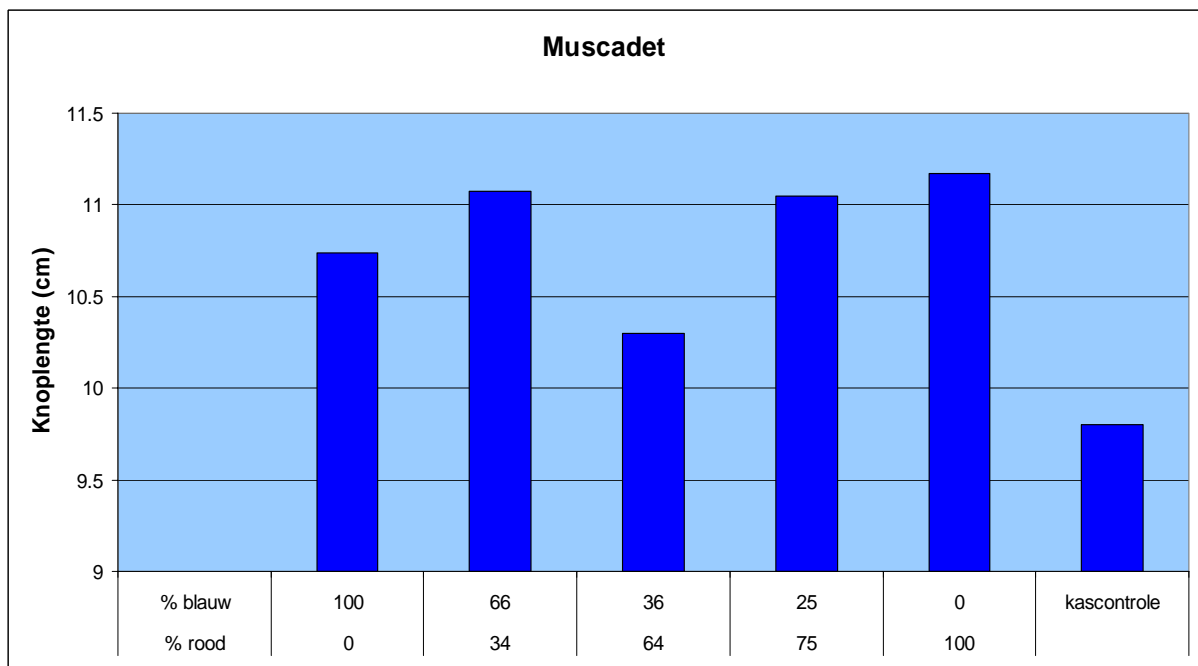
Het aantal goede knoppen was het hoogst in de kascontrole (figuur 10). In alle behandelingen die onder verschillende intensiteiten LED waren voorgetrokken werd ongeveer een halve knop minder aangelegd. In enkele van deze behandelingen kwamen enkele knoppen niet in bloei door knopval of bloemverdroging.



Figuur 11. Het effect van verschillende intensiteiten rode + blauwe LED op het aantal verdroogde en goede knoppen

Effect van lichtintensiteit op het aantal goede en verdroogde knoppen:

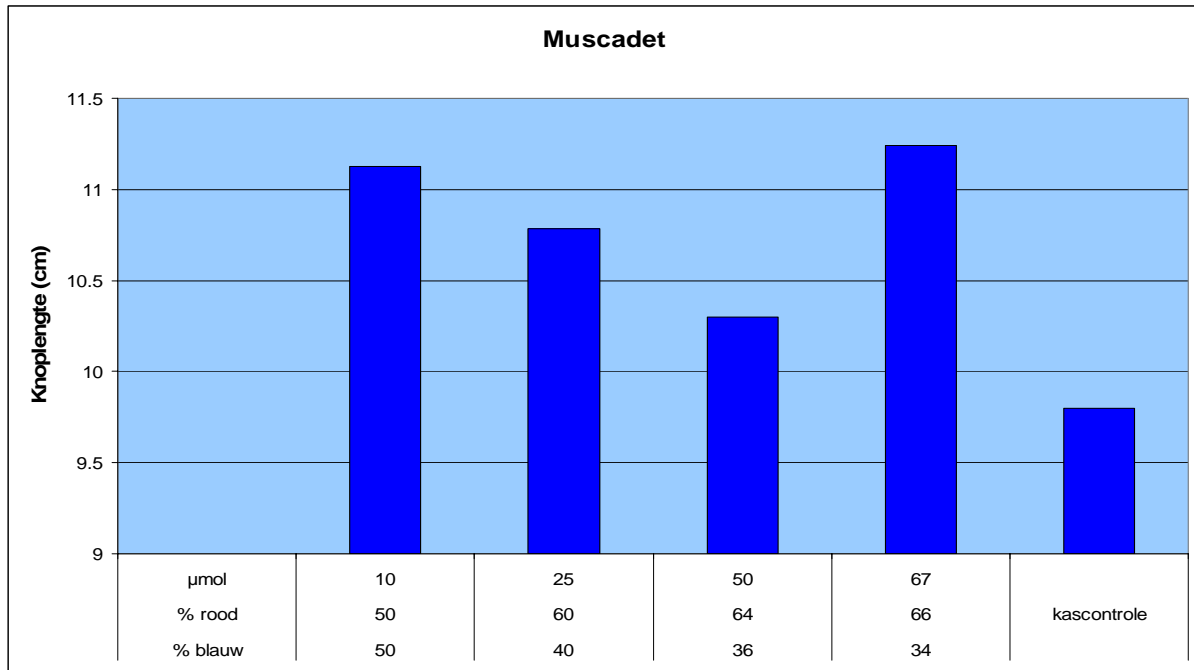
De laagste aantallen goede knoppen werden waargenomen in de lelies die onder 67 μmol rode + blauwe LED waren voorgetrokken (figuur 11). In de lelies die onder lagere intensiteiten rode + blauwe LED waren voorgetrokken kwamen iets meer goede knoppen voor maar belangrijk minder dan in de kascontrole. In de lelies die onder 25 μmol rode + blauwe LED waren voorgetrokken kwam een enkele verdroogde knop voor. In de andere behandelingen werd geen knopverdroging waargenomen.



Figuur 12. Het effect van verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 μmol) op de knoplengte

Effect van Rood/Blauw verhouding op de knoplengte:

De knoppen waren het kortst in de lelies uit de kascontrole (figuur 12). In alle behandelingen onder LED werden de knoppen 1 tot 1,5 cm groter. In de lelies die onder 36% rode + 64% blauwe LED waren voortrokken werden de knoppen 10,3 cm. In de overige lelies die onder LED waren voortrokken zat geen verschil in knoplengte.



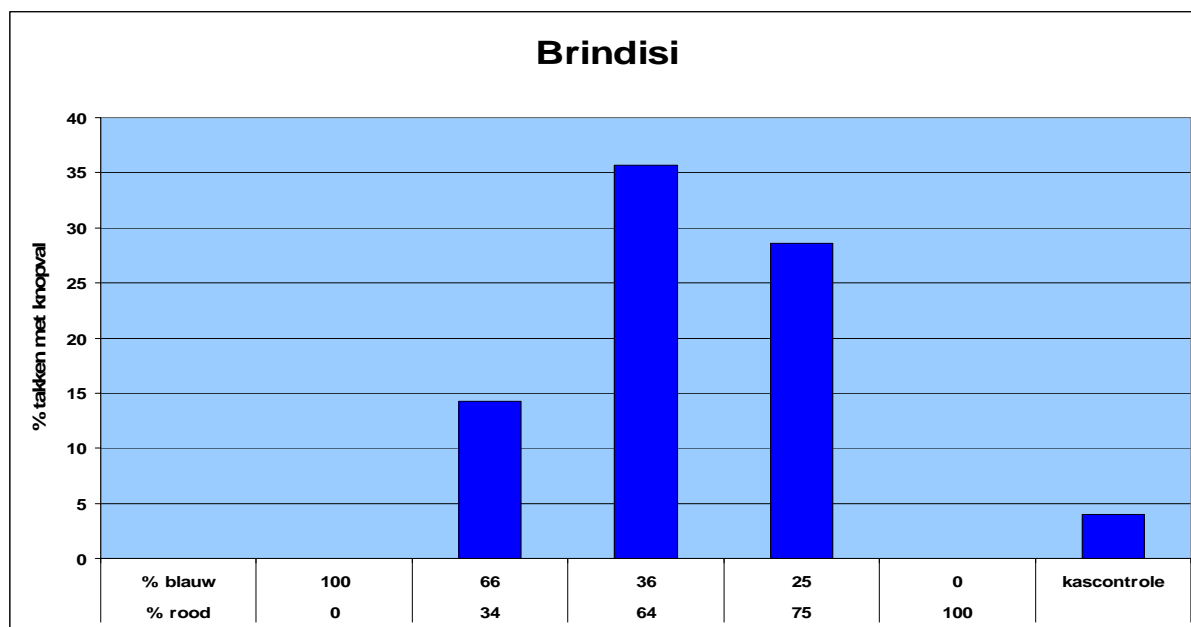
Figuur 13. Het effect van verschillende intensiteiten rode + blauwe LED op de knoplengte

Effect van lichtintensiteit op de knoplengte:

Door voortrekken onder verschillende LED intensiteiten werden de knoppen langer dan in de kas (figuur 13). De knoppen werden het langst onder de laagste én onder de hoogste intensiteit rode + blauwe LED. Hoe hoger de lichtintensiteit rode + blauwe LED des te korter werden de knoppen met uitzondering van de hoogste intensiteit rode + blauwe LED.

Afwijkende resultaten in de LA-hybride Brindisi en de Longiflorum hybride White Heaven:

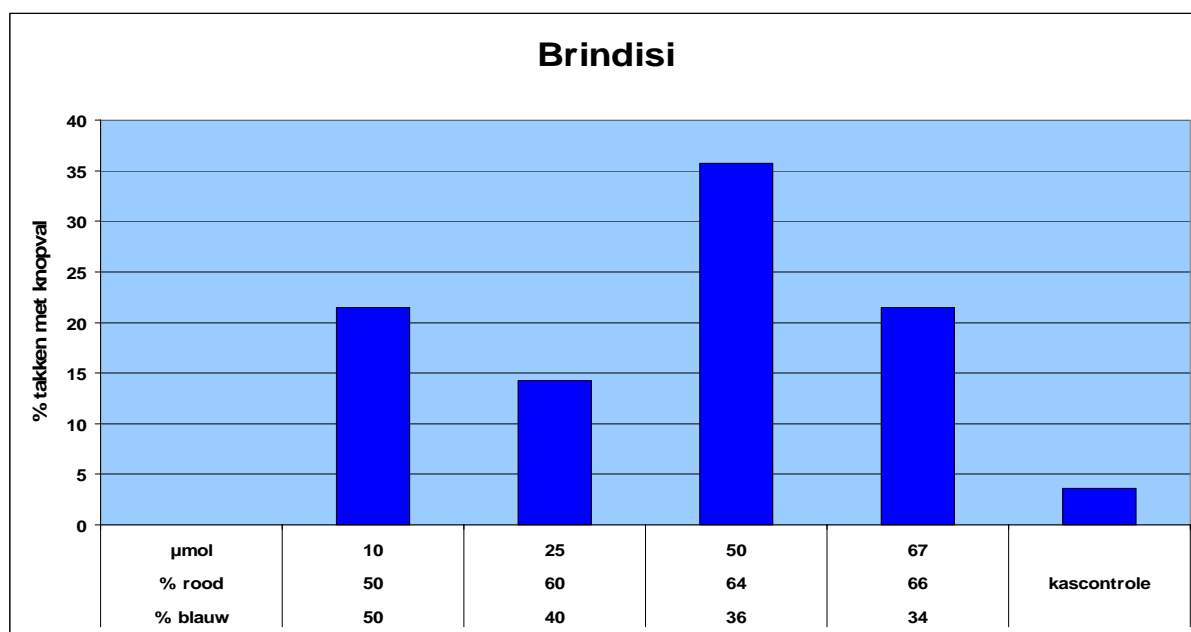
Tijdens de broei werd knopval geconstateerd in de LA-hybride Brindisi.



Figuur 14. Het effect van verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 μ mol) op het percentage takken met knopval

Effect van Rood/Blauw verhouding op het percentage takken met knopval:

In de kascontrole kwam in 4% van de takken knopval voor (figuur 14). In de takken die tijdens de voortrek alleen onder blauwe of alleen rode LED hebben gestaan kwamen geen takken met knopval voor. Onder de combinatie rode + blauwe LED echter wel. Het percentage takken met knopval was het hoogst in de behandelingen met de hoogste intensiteit rode LED.

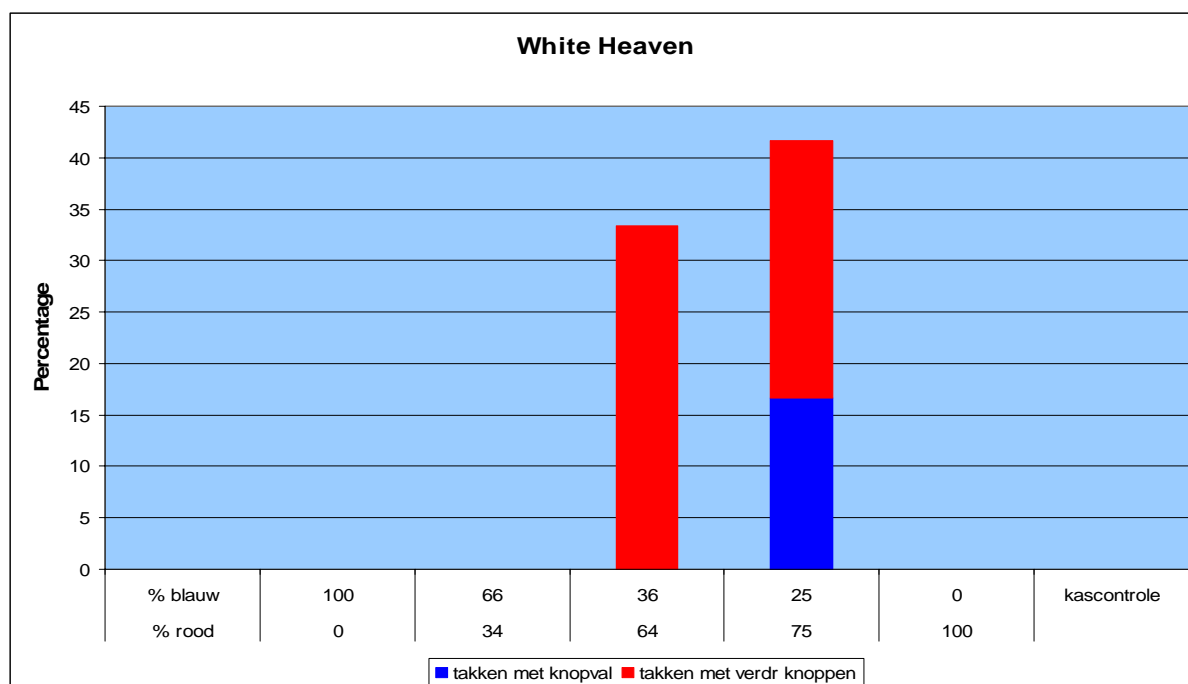


Figuur 15. Het effect van de intensiteit rode + blauwe LED op het percentage takken met knopval

Effect van lichtintensiteit op het percentage takken met knopval:

Het percentage takken met knopval in de behandelingen die onder LED hebben gestaan varieerde van 15 tot 35% (figuur 15). Onder 50 μmol rode + blauwe LED kwamen de meeste takken met knopval voor. In de kascontrole de minste.

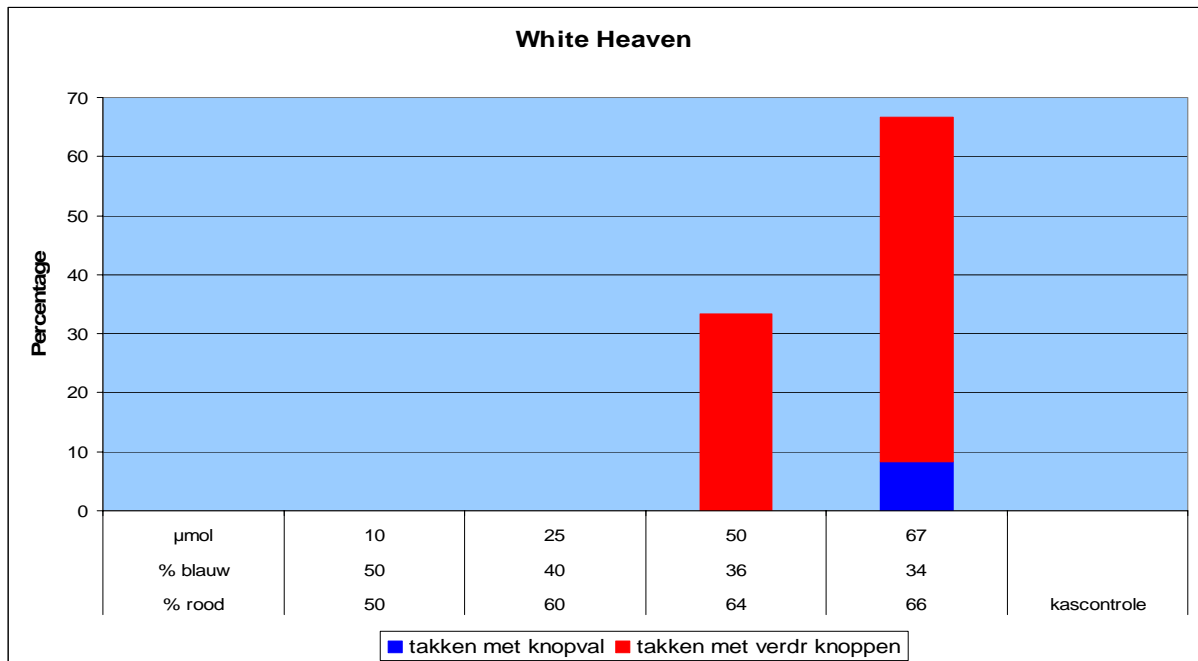
In de Longiflorum White Heaven werden bloemverdroging en knopval waargenomen.



Figuur 16. Het effect van verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 μmol) op het percentage takken met knopval en verdroogde knoppen

Effect van Rood/Blauw verhouding op het percentage takken met knopval en verdroogde knoppen:

In de kascontrole kwamen geen takken met knopval of verdroogde knoppen voor (figuur 16). In de lelies die onder uitsluitend blauwe LED of onder een combinatie van rode + blauwe LED waren voorgetrokken waarin het percentage blauwe LED 66% was kwam geen knopval of In de lelies die onder een combinatie rode + blauwe LED waren voorgetrokken met 64% rode LED of meer vielen in de kas takken uit doordat alle knoppen eraf vielen als gevolg van bloemverdroging. In de behandeling die onder 75% rode LED was voorgetrokken kwam naast bloemverdroging ook knopval voor. In de takken die onder uitsluitend rode LED waren voorgetrokken kwam geen knopval of bloemverdroging voor in de kas.



Figuur 17. Het effect van verschillende intensiteiten rode + blauwe LED op het percentage takken met knopval en verdroogde knoppen

Effect van lichtintensiteit op het percentage takken met knopval en verdroogde knoppen:

In de lelies die onder 50 en 67 μmol rode + blauwe LED waren voorgetrokken waarin het aandeel rode LED 32 of 44 μmol was bloeide respectievelijk 35 en 65% van de takken niet door bloemknopverdroging (figuur 17). Onder 67 μmol kwam naast bloemverdroging ook knopval voor.

3 2^e proef, plantdatum 7 september 2009

In de vorige proef was de takkwaliteit het best indien de lelies onder 50 μ mol rode of blauwe LED werden voorgetrokken. Echter, in de cultivars Brindisi en White Heaven traden in de kas knopval en bloemverdroging op in alle lelies die onder een combinatie van rode + blauwe LED werden voorgetrokken. De minimale benodigde lichtintensiteit in de lelies die werden voorgetrokken onder een combinatie van rode + blauwe LED verschilde per cultivar. In de volgende proef werden de verhoudingen in de combinatie rode + blauwe LED aangepast. De lelies werden onder uitsluitend rode of blauwe LED voorgetrokken maar ook onder een combinatie van 95% rode LED + 5% blauwe LED en omgekeerd. Dit werd gedaan om te onderzoeken of knopval onder deze combinatie LED ook optreedt en wat de invloed is op de takkwaliteit. Omdat in de eerste proef de takken onder uitsluitend rode of blauwe LED het langst en het zwaarst werden is in de volgende proef onderzocht of deze resultaten ook behaald kunnen worden door de lelies onder een mengvorm van 5% rode/blauwe LED + 95% rode/blauwe LED voor te trekken. Ook werden de lelies weer voorgetrokken onder 50% rode + 50% blauwe LED, de behandeling waaronder in de vorige proef de meeste knopval werd geconstateerd. Daarnaast werden de lelies onder 75% rode LED + 25% blauwe LED voorgetrokken bij verschillende lichtsterktes. De cultivar Muscadet werd vervangen door Helvetia vanwege het feit dat er begin september geen bollen van de cultivar Muscadet beschikbaar waren die op het zuidelijke halfrond zijn geteeld.

Doel van deze proef was om na te gaan of knopval ook optrad onder 95% rode LED + 5% blauwe LED en omgekeerd en of bijmengen met slechts 5% rood of blauw (veel) afwijking geeft van 100% rood of blauw. De variatie in lichtintensiteit had tot doel om de minimale lichtbehoefte bij voortrekken onder LED na te gaan. Tijdens de teelt onder LED en op het moment dat de lelies in de kas werden geplaatst werden foto's genomen (Bijlage foto's 2^e planting).

3.1 Materiaal en methoden

Cultivars en zift en aantal per kist	: - Oriëntal Helvetia, 14-16 10/kist - LA-Hybride Brindisi, 14-16 10/kist - Longiflorum White Heaven, 14-16 10/kist
Plantdatum	: 7 sept 2009
Substraat	: opplant in potgrond in kisten
Temperatuur tijdens voortrekken	: 9°C
Duur voortrek	: tot opkomst (23 dagen)
Datum onder LED	: 30 september 2009
Celtemperatuur onder LED	: 15°C
Lichtniveau	: zie schema in tabel 2
Belichtingsduur	: 16 uur per etmaal
Aantal weken onder LED-belichting	: \pm 6 weken tot knoppen zichtbaar worden
Kastemperatuur	: 16-17°C
Datum kisten de kas in	: - Oriëntal Helvetia, 3 november 2009 - LA-hybride Brindisi, 3 november 2009 - Longiflorum White Heaven, 21 november 2009

Tabel 2. Gerealiseerde lichtintensiteit:

	μmol Rode LED	% rode LED	μmol Blauwe LED	% blauwe LED	Totaal μmol
Effect van Rood/Blauw verhoudingen bij een totaal van 50 μmol	45	90	5	10	50
	5	10	44	90	49
	49	100	0	0	49
	0	0	50	100	50
	31	62	19	38	50
Effect van lichtintensiteit bij ongeveer gelijke Rood/Blauw verhoudingen	7	39	11	61	18
	20	44	25	56	45
	44	77	13	23	57
Controle direct in de kas					

De hele proef lag in enkelvoud m.u.v. de controle. Deze lag in duplo.

Bij het bestuderen van de rood/blauw verhoudingen onder 50 μmol was het de bedoeling om 5% rode + 95% blauwe of 5% blauwe + 95% rode LED aan te houden. Om technische reden kon dit niet worden gerealiseerd.

Bij het bestuderen van de effecten van verschillende lichtniveaus was het de bedoeling om de Rood/Blauw verhouding onder alle niveaus op 75/25% te houden. Technisch was dit echter niet mogelijk. Daardoor varieerde de Rood/Blauw verhouding van 39/61 tot 77/23%.

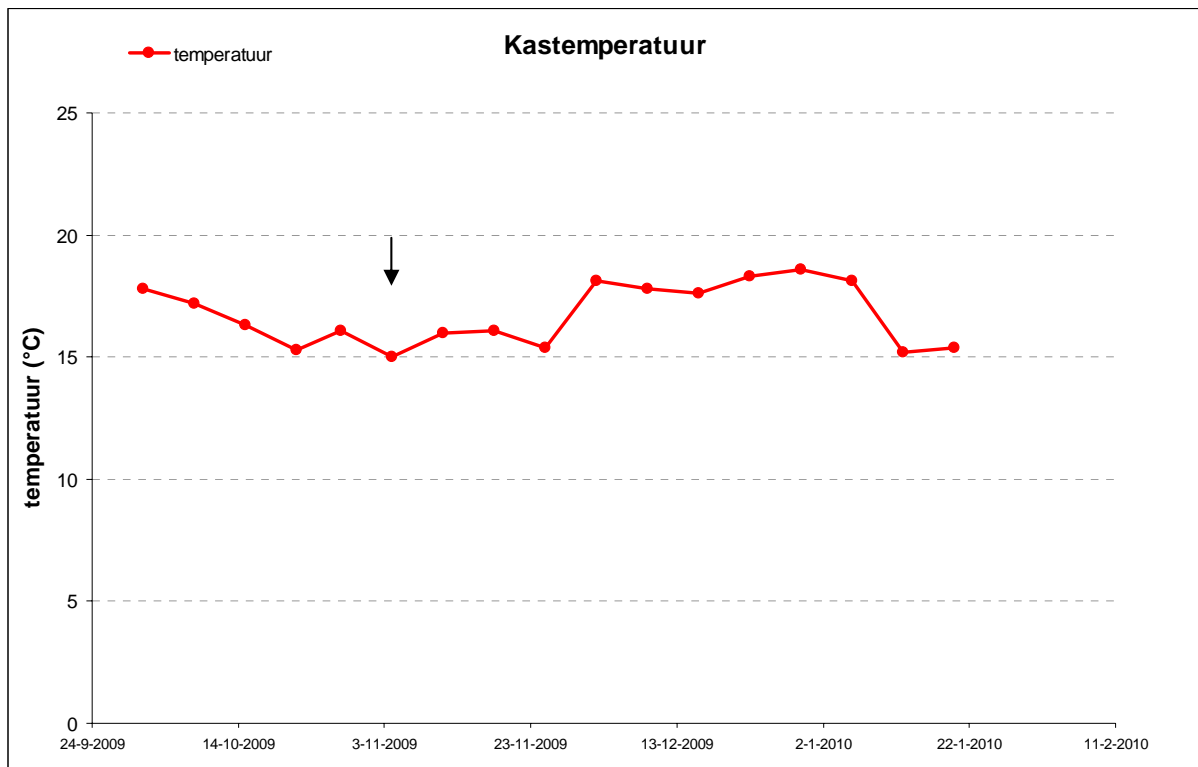
In de kas werden de lelies vanaf 30 september bijbelicht met 85 μmol SON-T-licht (=6000 lux). De ingestelde kastemperatuur was 15-16°C.

Op 7 september werd de proef geplant en werden de kisten bij 9°C gezet. Op 21 september kwamen de cultivars Helvetia en Brindisi boven de grond. Op dat moment zijn alle opgeplante kisten bij 2°C gezet. Op 30 september zijn de kisten bij 15°C onder LED gezet. De controle werd op dat moment in de kas gezet. Op 5 oktober kwam de cultivar White Heaven boven de grond.

Op 17 oktober zijn de lelies voor de 1^e keer bemest met 25 gram kalksalpeter per m².

Helvetia en Brindisi werden op 3 november, 5 weken nadat de lelies onder LED werden gezet in de kas geplaatst.

In beide cultivars waren toen de knoppen zichtbaar. In White Heaven waren de knoppen zichtbaar op 21 november. Op dat moment, 7 weken nadat de lelies onder LED werden gezet werden de kisten in de kas geplaatst.



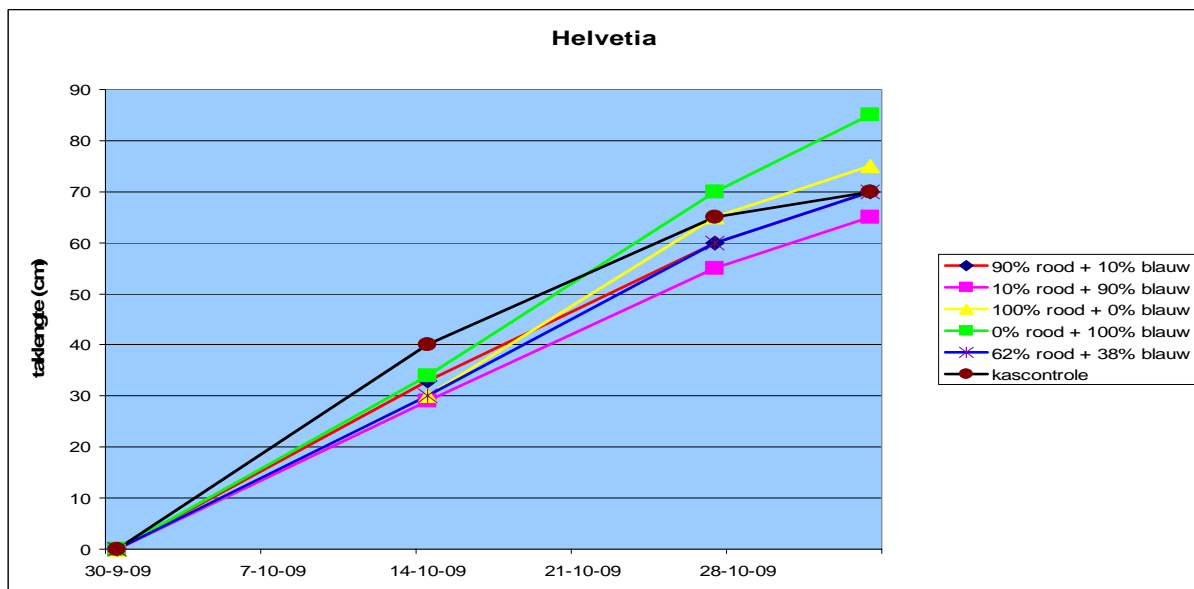
Figuur 18. De gemiddelde gerealiseerde kasttemperatuur, RV en vochtdeficit per week tijdens de teelt in de kas.

De gemiddelde gerealiseerde kasttemperatuur per week was op 30 september enkele graden hoger dan de 15°C onder LED. Vanaf eind oktober was de kasttemperatuur vergelijkbaar met de temperatuur onder LED. Het pijltje in figuur 18 geeft het moment aan dat de Oriëntal Helvetia in de kas werd geplaatst.

3.2 Resultaten

Ook in deze proef reageerden de 3 cultivars op dezelfde wijze op het voortrekken onder LED. Om die reden worden alleen de resultaten van de Oriëntal Helvetia behandeld. In de bijlage worden de resultaten van de cv's Brindisi en White Heaven weergegeven (Bijlage Brindisi tabel 9 t/m 12, White Heaven tabel 13 t/m 16).

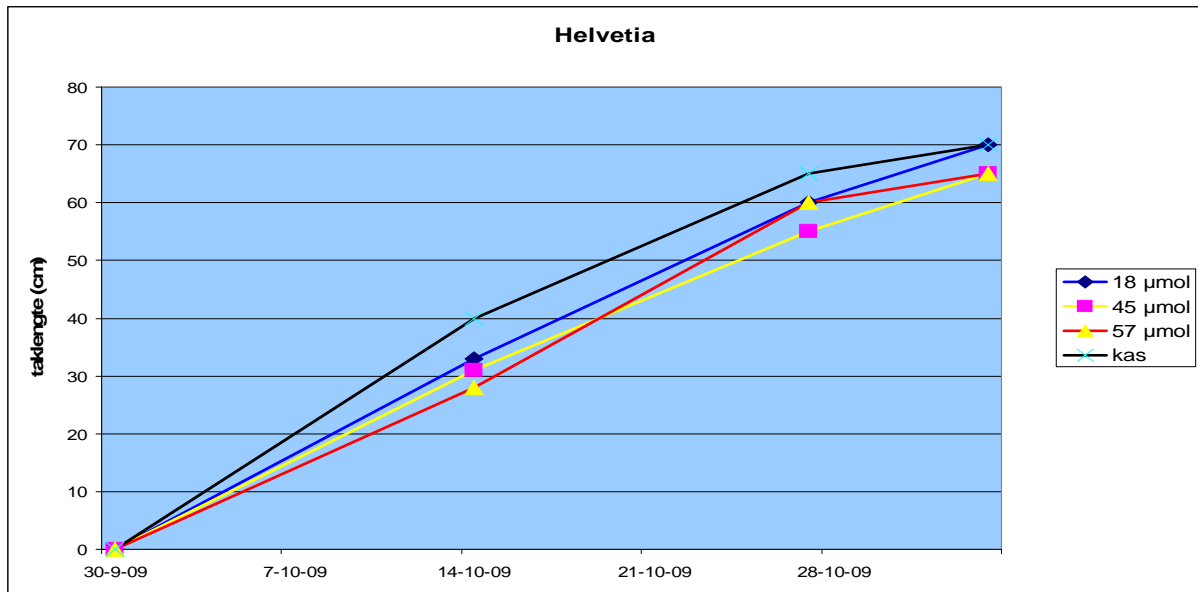
In figuur 19 en 20 wordt de groei van de Oriëntal Helvetia onder LED en in de kas in de tijd weergegeven. In figuur 19 is de groei te zien onder verschillende rood/blauw verhoudingen LED onder totaal 50 μmol . In figuur 20 is de groei onder een van 10 tot 67 μmol oplopende lichtintensiteit rode en blauwe LED te zien.



Figuur 19. Het effect van het voortrekken onder verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 μmol) op de taklengte van Helvetia ten opzichte van de taklengte in de kas

Effect van Rood/Blauw verhouding op de taklengte onder LED:

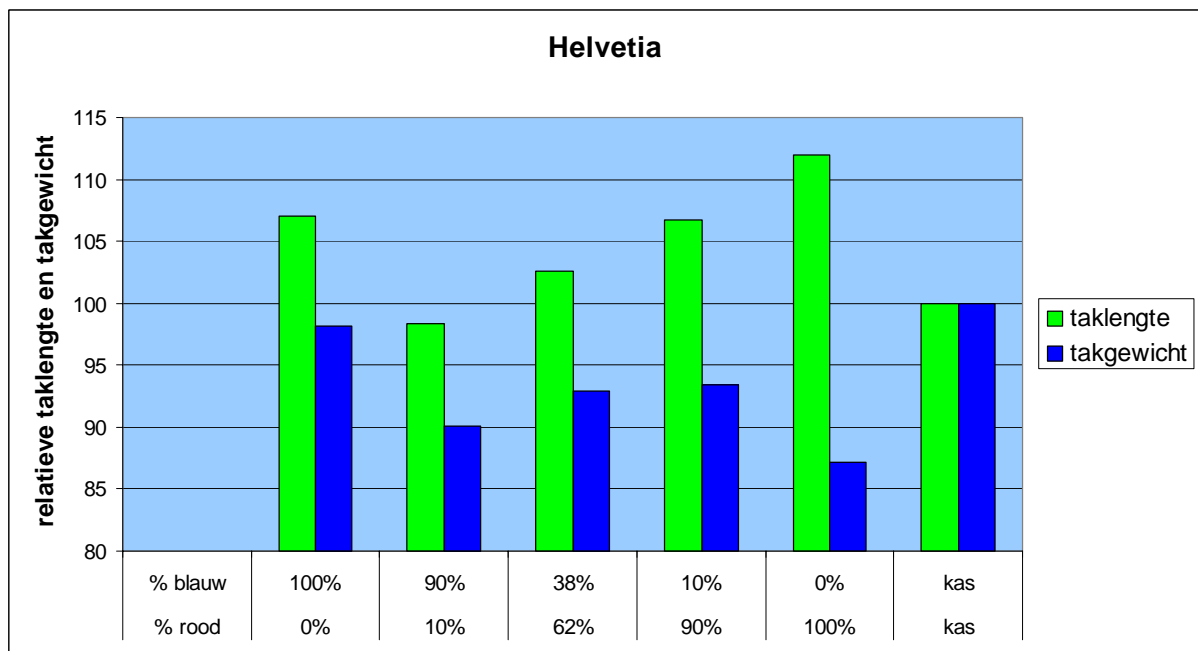
Tijdens het voortrekken onder LED werd Helvetia het langst onder 100% blauwe LED en het kortst onder 90% blauwe + 10% rode LED (figuur 19 op 3 november). De lelies die onder uitsluitend rode LED waren voorgetrokken hadden smalle bladeren en de lelies die onder uitsluitend blauwe LED waren voorgetrokken hadden brede, meer horizontaal staande bladeren (zie foto's in bijlage).



Figuur 20. Het effect van het voortrekken onder verschillende intensiteiten rode + blauwe LED op de groei van Helvetia ten opzichte van de groei in de kas (voor exacte lichtintensiteiten Rood en Blauw zie tabel 2 op pagina 23)

Effect van lichtintensiteit op de taklengte onder LED:

Tijdens het voortrekken onder LED bleef de lengtegroei achter ten opzichte van de lengtegroei in de kas (figuur 20). Vanaf 3 november nam de groei toe in de behandeling die onder 18 µmol rode + blauwe LED werden voortrokken; bij de oogst waren deze lelies het langst. De lelies in de kascontrole waren bijna net zo lang als de lelies die onder 57 µmol rode + blauwe LED waren voortrokken.

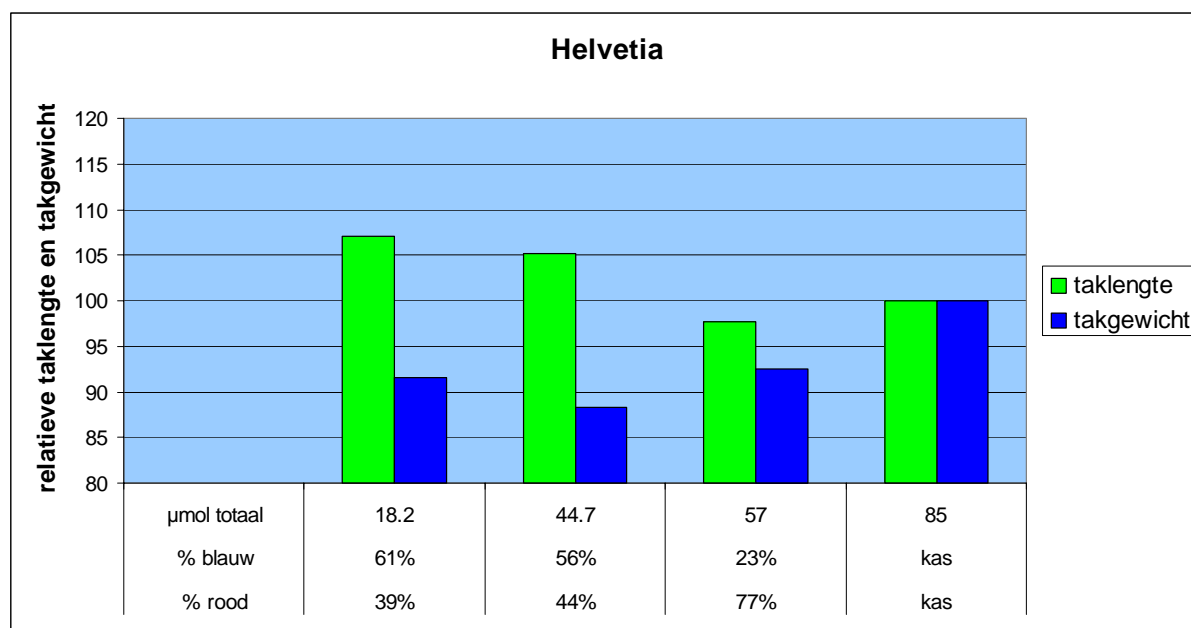


Figuur 21. Het effect van verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 µmol) op de relatieve taklengte en takgewicht ten opzichte van de kascontrole (=100% en komt overeen met 101 cm en 120 g)

Effect van Rood/Blauw verhouding op de relatieve taklengte en het relatieve takgewicht:

Zoals ook al in figuur 19 was te zien werden de takken die onder uitsluitend rode LED waren voortrokken

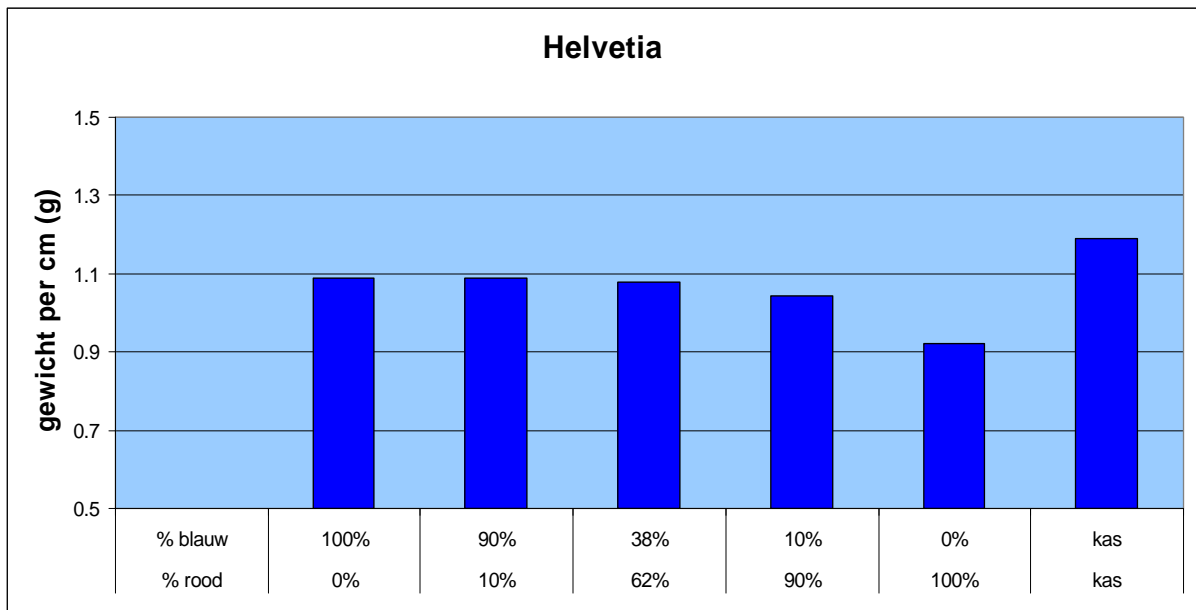
bij de oogst het langst en het laagst in gewicht (figuur 21). Door 10% blauwe LED aan de rode LED toe te voegen waren de takken ten opzichte van uitsluitend rode LED iets korter en iets hoger in gewicht. Hoe hoger het percentage blauwe LED in de combinatie rode/blauwe LED des te korter werden de takken. Onder 100% blauwe LED waren de takken bijna net zo lang als onder uitsluitend rode LED. Ten opzichte van uitsluitend rode LED waren de takken onder uitsluitend blauwe LED korter en hoger in gewicht. De lelies die onder uitsluitend blauwe LED werden voorgetrokken waren bijna net zo zwaar als de lelies in de kascontrole.



Figuur 22. Het effect van verschillende intensiteiten rode + blauwe LED (in μmol) op de relatieve taklengte en takgewicht ten opzichte van de kascontrole (=100% en komt overeen met 101 cm en 120 g)

Effect van lichtintensiteit op de relatieve taklengte en takgewicht:

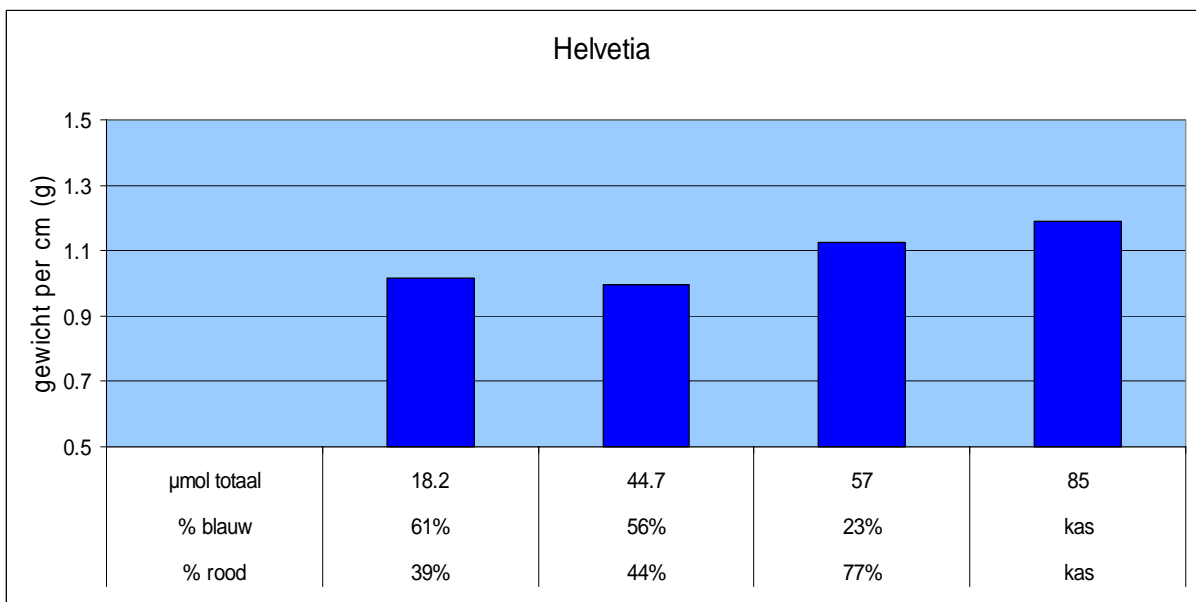
Hoe hoger de lichtintensiteit tijdens het voortrekken onder blauwe + rode LED des te korter waren de takken bij de oogst (figuur 22). De takken die onder 57 μmol blauwe + rode LED waren voorgetrokken werden net zolang als de takken in de kascontrole. De takken van deze behandeling waren echter wel 8% lager in gewicht.



Figuur 23. Het effect van verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 μmol) op het gewicht per cm (g)

Effect van Rood/Blauw verhouding op het gewicht per cm:

Het gewicht per cm en daarmee de stevigheid van de takken was het hoogst in de kascontrole (figuur 23). Het gewicht per cm was het laagst in de takken die onder uitsluitend rode LED waren voorgetrokken. Er was geen verschil in gewicht per cm tussen de lelies die onder 100% blauwe LED of een combinatie van blauwe + rode LED waren voorgetrokken.

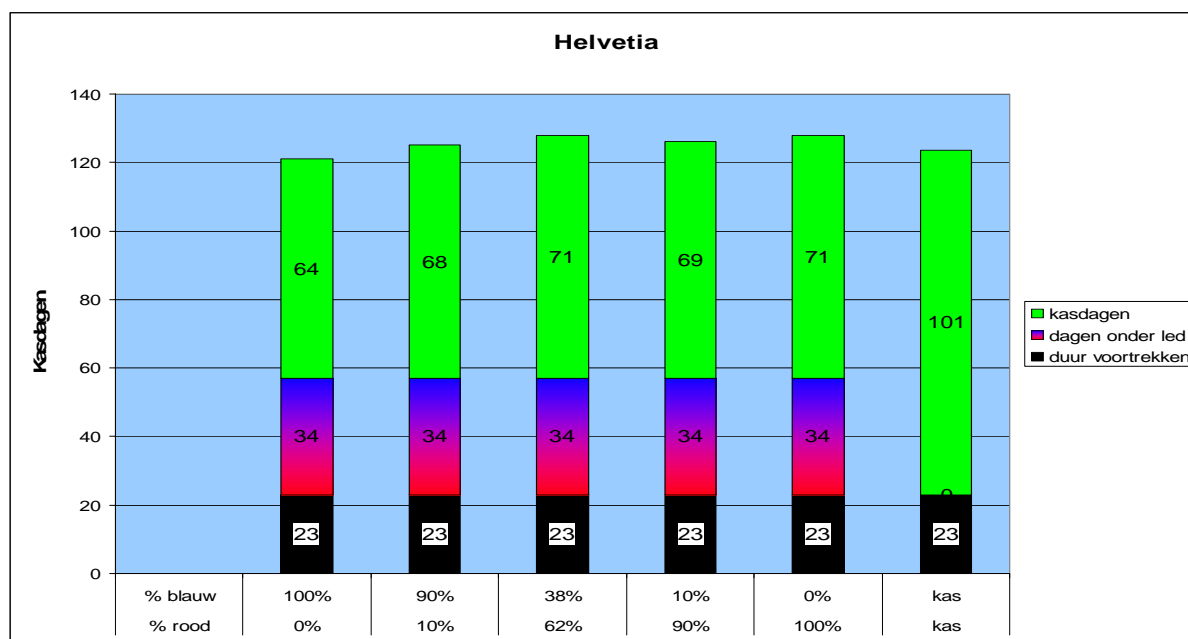


Figuur 24. Het effect van verschillende intensiteiten rode + blauwe LED (in μmol) op het gewicht per cm (g)

Effect van lichtintensiteit op het gewicht per cm:

Ook in het experiment waarin de intensiteit rode + blauwe LED werd gevarieerd bleek dat het gewicht per cm, en daarmee de stevigheid van de takken het hoogst was in de kascontrole (figuur 24). In de lelies die onder 57 μmol rode + blauwe LED waren voorgetrokken was het gewicht per cm het hoogst en bijna

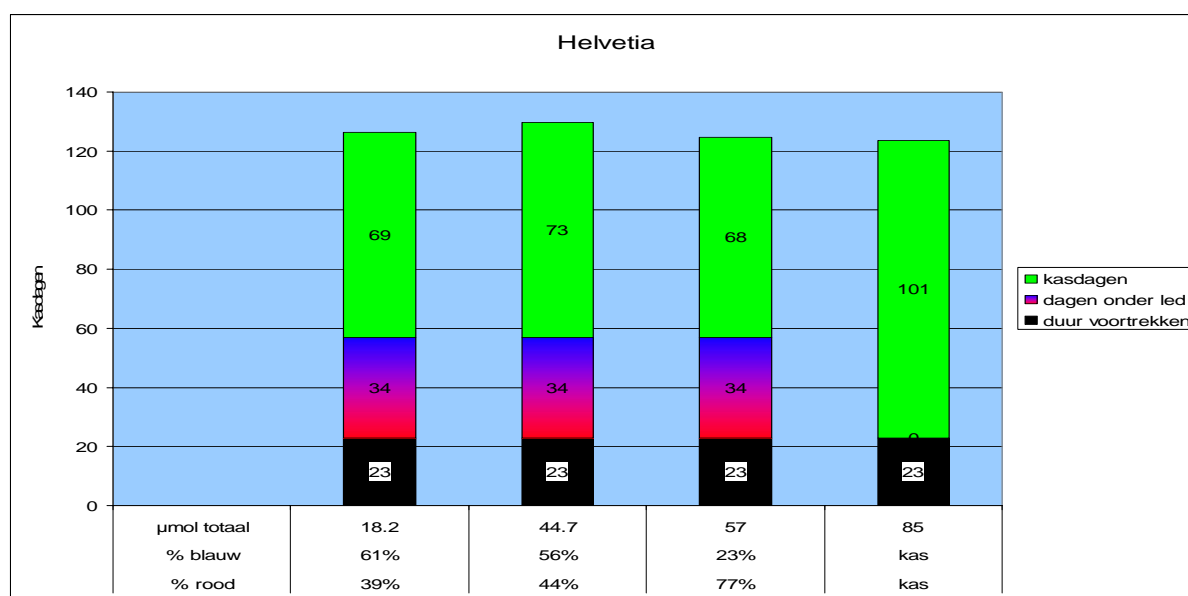
vergelijkbaar met het gewicht per cm in de kascontrole. In de lelies die onder een lagere intensiteit rode + blauwe LED waren voorgetrokken was het gewicht per cm lager.



Figuur 25. Het effect van verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 μmol) op het aantal kasdagen

Effect van Rood/Blauw verhouding op het aantal kasdagen:

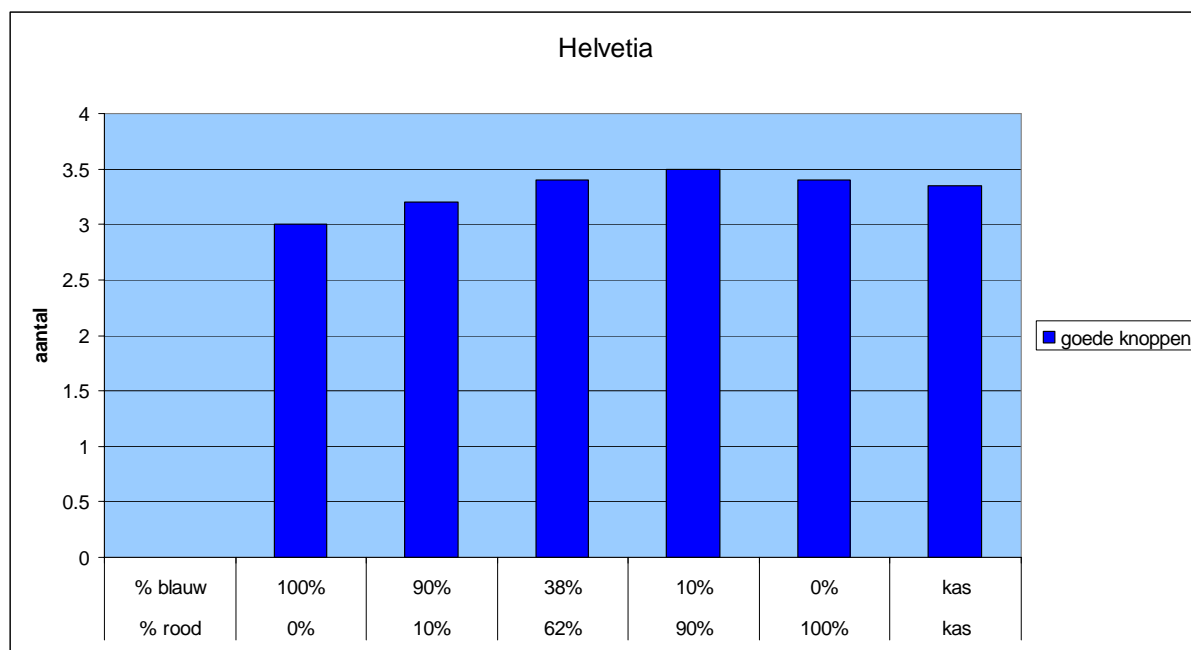
Het aantal kasdagen in de kascontrole was 101 (figuur 25). Door de lelies 34 dagen onder LED voor te trekken was het aantal kasdagen 30 tot 36 dagen korter afhankelijk van de lichtkleur onder LED. De lelies die onder uitsluitend blauwe LED waren voorgetrokken bloeiden na 64 kasdagen en de lelies die onder uitsluitend rode LED waren voorgetrokken bloeiden na 71 dagen. Door de lelies 34 dagen onder blauwe of rode LED voor te trekken werd het aantal kasdagen respectievelijk 37 en 30 dagen korter. Door de lelies 34 dagen onder 95% rode LED + 5% blauwe LED of omgekeerd voor te trekken werd het aantal kasdagen 33 dagen korter.



Figuur 26. Het effect van verschillende intensiteiten rode + blauwe LED (in μmol) op het aantal kasdagen

Effect van lichtintensiteit op het aantal kasdagen:

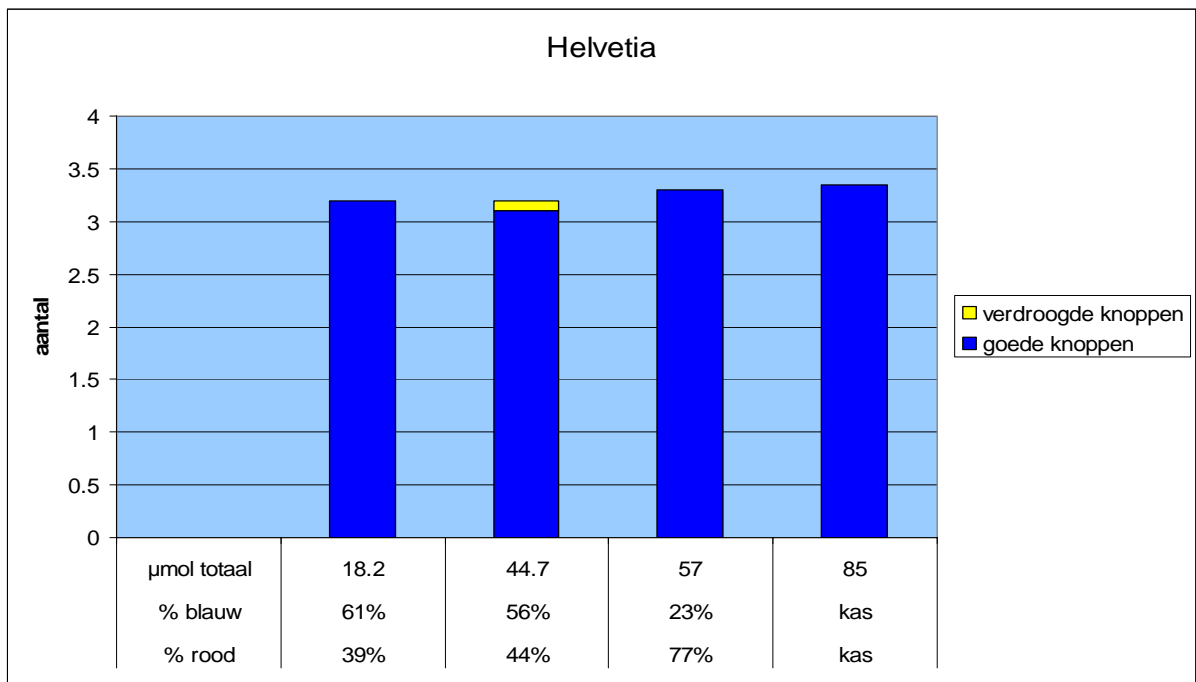
Het effect van de intensiteit blauwe + rode LED op het aantal kasdagen was niet erg duidelijk (figuur 26). De lelies die onder de laagste (18,2 μmol) en de hoogste (57 μmol) intensiteit rode + blauwe LED waren voorgetrokken werden enkele dagen eerder geoogst dan de lelies die onder 44,7 μmol rode + blauwe LED werden voorgetrokken.



Figuur 27. Het effect van verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 μmol) op het aantal goede knoppen

Effect van Rood/Blauw verhouding op het aantal goede knoppen:

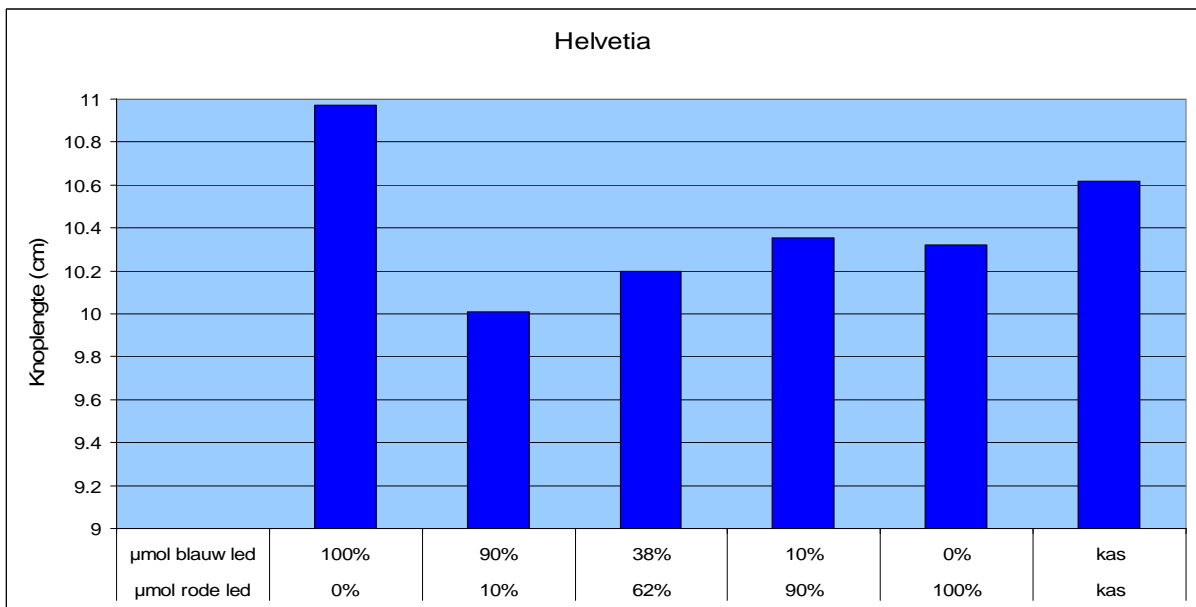
Ten opzichte van de kascontrole was het aantal goede knoppen alleen lager in de lelies die onder uitsluitend blauwe LED waren voorgetrokken (figuur 27). Hoe groter het aandeel rode LED in de combinatie rode + blauwe LED des te hoger waren de knopaantallen bij de oogst. In de lelies die onder uitsluitend rode LED waren voorgetrokken was het knopaantal bij de oogst iets lager dan de knopaantallen in de lelies die onder 90% rode + 10% blauwe LED waren voorgetrokken.



Figuur 28. Het effect van verschillende intensiteiten rode + blauwe LED (in µmol) op het aantal goede knoppen

Effect van lichtintensiteit op het aantal goede en verdroogde knoppen:

De intensiteit rode + blauwe LED was niet van invloed op het aantal goede knoppen (figuur 28). Alle behandelingen verschilden in knopaantallen nagenoeg niet van de kascontrole. In de lelies die onder 44,7 µmol rode + blauwe LED waren voorgetrokken kwam bij de oogst een enkele verdroogde knop voor.

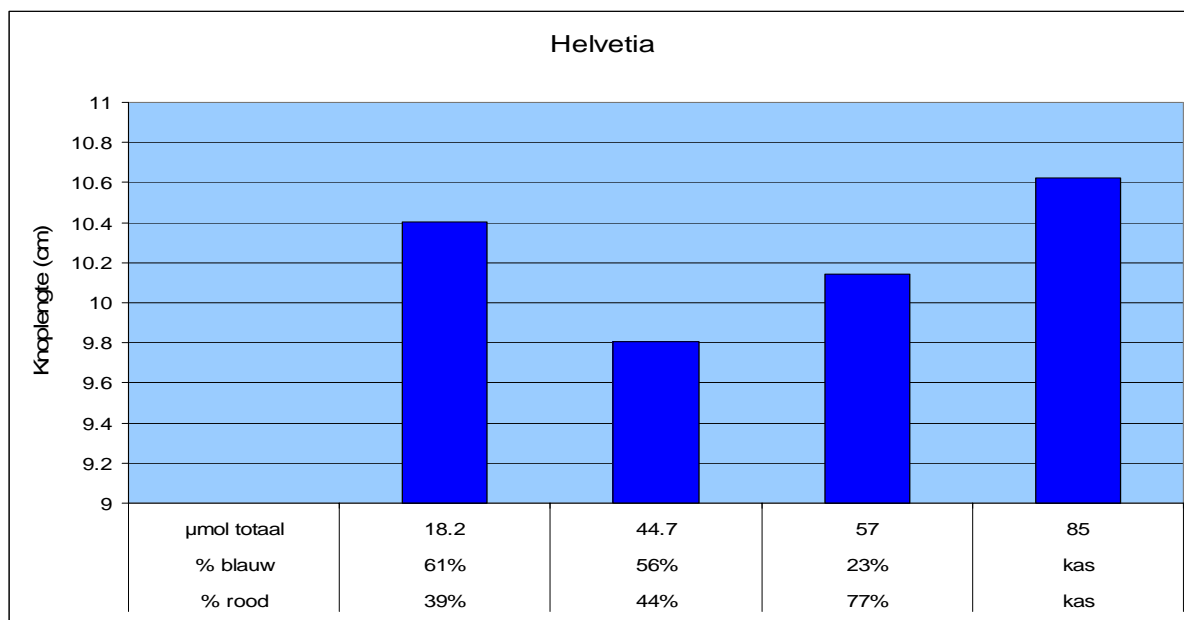


Figuur 29. Het effect van verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 µmol) op de knoplengte

Effect van Rood/Blauw verhouding op de knoplengte:

Ten opzichte van de kascontrole was de knoplengte het grootst in de lelies die onder uitsluitend blauwe LED waren voorgetrokken (figuur 29). Zoals al eerder werd opgemerkt was het aantal goede knoppen in deze

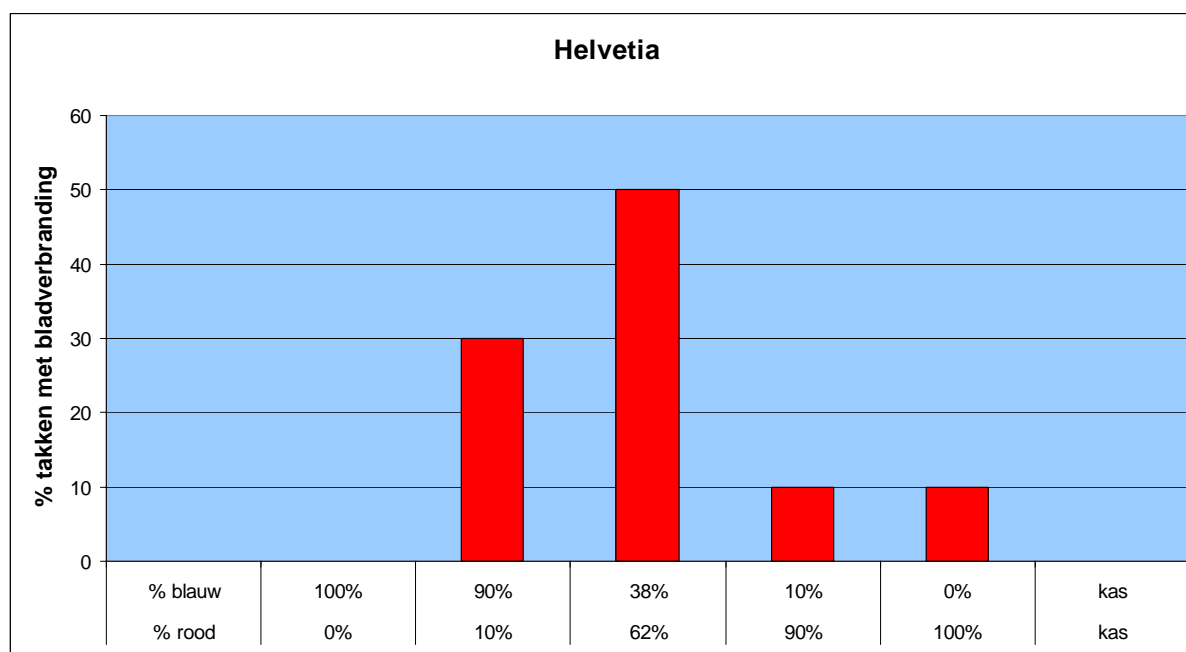
behandeling het laagst. In de lelies die onder een combinatie van rode + blauwe LED waren voorgetrokken waren de knoppen bij de oogst het kortst in de lelies die onder 90% blauwe + 10% rode LED waren voorgetrokken. Hoe hoger het aandeel rode LED in de combinatie rode + blauwe LED tijdens het voortrekken, des te langer waren de knoppen bij de oogst.



Figuur 30. Het effect van verschillende intensiteiten rode + blauwe LED (in μmol) op de knoplengte

Effect van lichtintensiteit op de knoplengte:

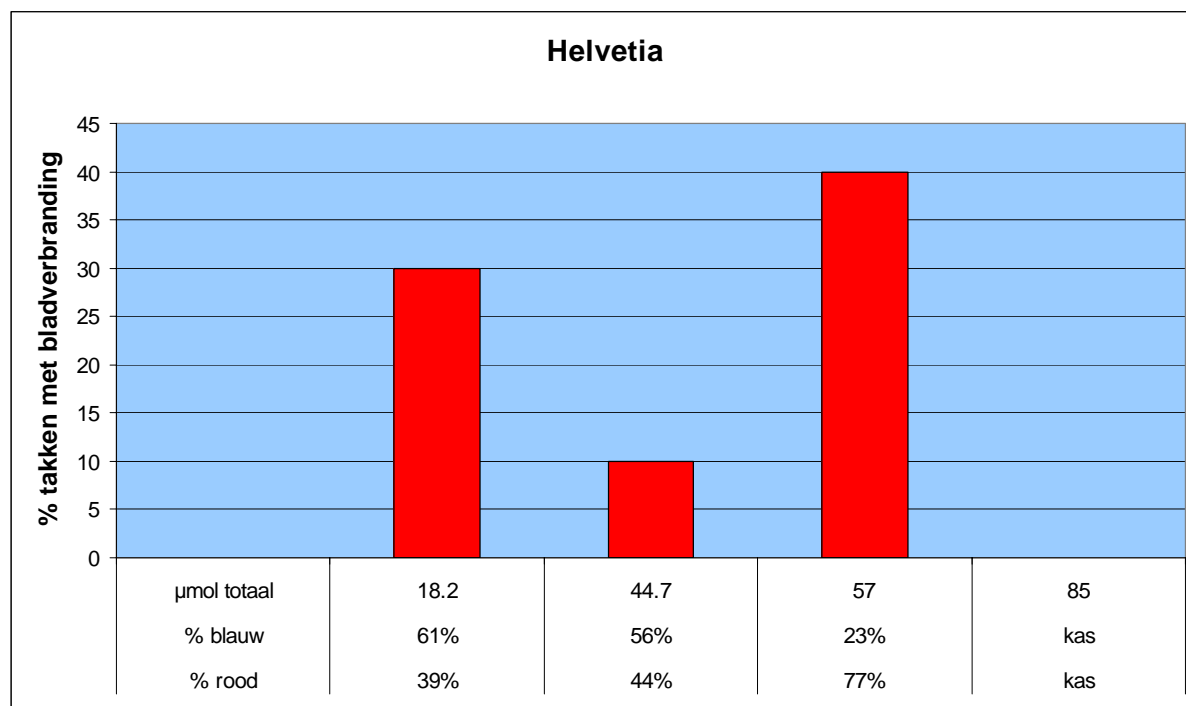
Ten opzichte van de kascontrole was de lengte van de knoppen in alle lelies die onder een combinatie van blauwe + rode LED waren voorgetrokken kleiner (figuur 30). De knoppen waren het langst in de behandelingen die onder de laagste intensiteit rode + blauwe LED waren voorgetrokken.



Figuur 31. Het effect van verschillende rood/blauw verhoudingen (totale lichtintensiteit 50 μmol) op het percentage takken met bladverbranding

Effect van Rood/Blauw verhouding op het percentage takken met bladverbranding:

De takken die last hadden van bladverbranding hadden enkele verbrande blaadjes per tak. In de takken uit de kascontrole en in de lelies die onder uitsluitend blauwe LED waren voorgetrokken kwamen geen takken met bladverbranding voor (figuur 31). Door tijdens de voortrek rode aan blauwe LED toe te voegen kwam later in de kas in meer of minder mate bladverbranding voor. De meeste takken met bladverbranding kwamen voor in de lelies die onder 38% blauwe + 62% rode LED waren voorgetrokken.



Figuur 32. Het effect van verschillende intensiteiten rode + blauwe LED (in µmol) op het percentage takken met bladverbranding

Effect van lichtintensiteit op het percentage takken met bladverbranding:

Het effect van de lichtintensiteit rode + blauwe LED op het percentage takken met bladverbranding was niet erg duidelijk (figuur 32). In de lelies uit de kascontrole kwam geen takken met bladverbranding voor. De meeste bladverbranding kwam voor in de lelies die onder de hoogste, en de laagste intensiteit rode + blauwe LED waren voorgetrokken. In de lelies die onder een combinatie van rode + blauwe LED waren voorgetrokken kwam de minste bladverbranding voor in de takken die onder een lichtniveau van 44,7 µmol, rode + blauwe LED waren voorgetrokken.

4 Bedrijfseconomische vergelijking en Energiebesparing

Doordat LED's geen warmtestraling geven is het mogelijk de LED's dicht op het gewas te plaatsen waardoor de teeltlagen in een meerlagensysteem veel dichters op elkaar geplaatst kunnen worden dan wanneer er bv. met SON/T-lampen wordt belicht. Hierdoor is voortrek in meerlagen in een bewaarcel mogelijk, waardoor de kasperiode flink verkort kan worden. Per steel is dan voor verwarming en belichting in de kas een kortere periode, dus minder energie nodig. Ook het aandeel van de vaste productiekosten (kas en mobiel tafeltransportsysteem) in de kostprijs per steel neemt hierdoor af. Om een vergelijking te kunnen maken tussen lelie-teelt op tafels in een kas zonder voortrek en lelie-teelt op tafels met voortrek in een meerlagensysteem in bewaarcellen is een rekenmodel opgezet. Hierin zijn o.a. de volgende kostenposten meegenomen:

- De productiekosten per jaar per m² kas, overgenomen uit eerdere rekenmodellen.
- De investeringskosten voor bewaarcellen, overgenomen uit KWIN-2006.
- De kosten voor de stellingen van een meerlagenteeltsysteem, gebaseerd op een vergelijking met een bestaand meerlagensysteem voor tulp.
- De kosten voor de aanschaf van LED's en het energieverbruik van LED's, aangeleverd door Hortilux.

In eerste instantie is de vergelijking gemaakt met de, als uitgangssituatie, als volgt ingestelde belangrijkste variabelen:

- Jaarkosten kas, kasverwarming en -belichting, tafeltransportsysteem: 75 €/m²
- Aantal dagen voortrek onder LED's in meerlagen: 40 dagen
- Aantal lagen in de bewaarcel: 6
- Lichtefficiëntie LED's: 1.5 µmol/watt
- Lichtniveau: 50 µmol/s/m²
- Belichting per dag: 16 uur

Voor een bedrijf met 90% kasbenutting en een bruto kasoppervlak van 11.222 m² (netto 10.000 m²) resulteren deze instellingen in jaarkosten voor voortrek onder LED's in bewaarcellen in 6 lagen gedurende 40 dagen in een situatie als samengevat in tabel 4.1. :

Tabel 4.1: Uitgangspunten en belangrijkste jaarkosten MLT onder LED's

oppv cel	444	m ²		
aantal lagen	6	n		
tafels per laag	40	n		
tafels per cel	240	n		
aantal cellen	2,78	n		
uren belicht/dag in cel	16	n		
lichtniveau	50	µmol/s/m ²		
led-efficiëntie	1,5	µmol/watt		
investering	kosten	houdbaar	rente	jaarkosten
	(€)	(jaren)	(%)	(€)
cel	75.398	20	5%	5.655
stelling	96.768	15	5%	8.870
lift	100.000	15	5%	9.167
LEDs	241.920	9	5%	32.756
extra tafels	8.383	10	5%	1048
kWh voor LED's				44.513
totaal kosten/cel				€ 102.009
aantal cellen X totaal kosten/cel				€ 283.921

Op basis van de jaarkosten/m² voor kas en energie voor verwarming en winterbelichting, de jaarkosten voor voortrek in meerlagen onder LED's, en van de productie per jaar per m² is voor beide teeltsystemen de kostprijs per steel berekend, excl. arbeidskosten e.d., tabel 4.2.

De instellingen en uitgangspunten resulteren in een kostprijsreductie van 11,9 cent per steel. Doordat er bij 40 dagen voortrek onder LED's 5,8 trekken i.p.v. 3,5 per jaar gerealiseerd kunnen worden neemt de productie toe van 1,25 miljoen stelen naar 2,1 miljoen. De extra kosten hiervoor worden geschat op €284.387.

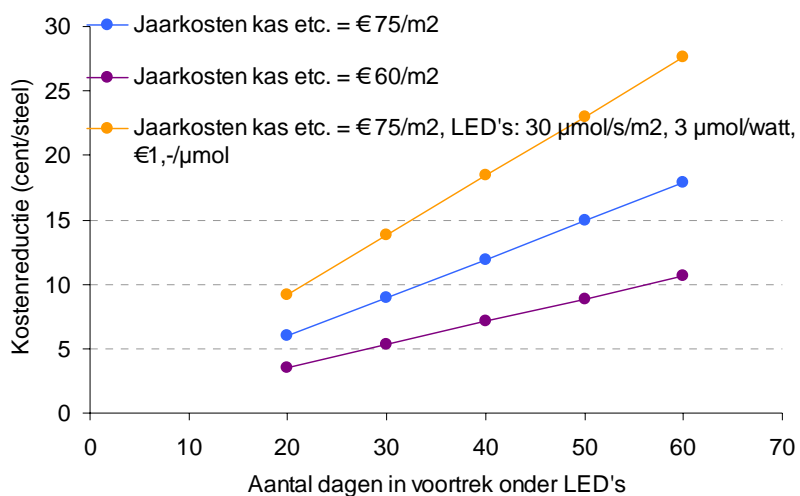
Tabel 4.2.: Bedrijfseconomische vergelijking van de teelt op tafels zonder, en met voortrek in cellen onder led's, excl. arbeidskosten.

	eenheid	100% in kas	Voortrek LED's/MLT
tussentijd (vakantie, opruimen etc.)	dgn	20	20
productiedagen	dgn	345	345
bewortelen	dgn	20	20
voortrek onder LED	dgn	0	40
kasperiode	dgn	100	60
trekduur	dgn	100	100
totale groeiduur	dgn	120	120
trek/jaar	n	3,5	5,8
kasbenutting	%	90%	90%
bruto kasoppv	m2	11222	11222
aantal tafels in kas	n	1000	1000
tafels in voortrek		-	667
opbrengst/trek	stks	404000	404000
opbrengst/jaar	stks/jaar	1393800	2323000
toename door voortrek	%	-	67%
jaarkosten kas, energie, tafelsysteem, etc.	€/m2	75	75
totale jaarkosten kas, energie, tafelsysteem, etc.	€	€ 841.667	€ 841.667
jaarkosten MLT/led's	€	-	€ 283.921
jaarkosten totaal	€	€ 841.667	€ 1.125.587
kosten per steel	cnt	60,4	48,5
kosten reductie per steel	cnt	-	11,9
	%	-	20%

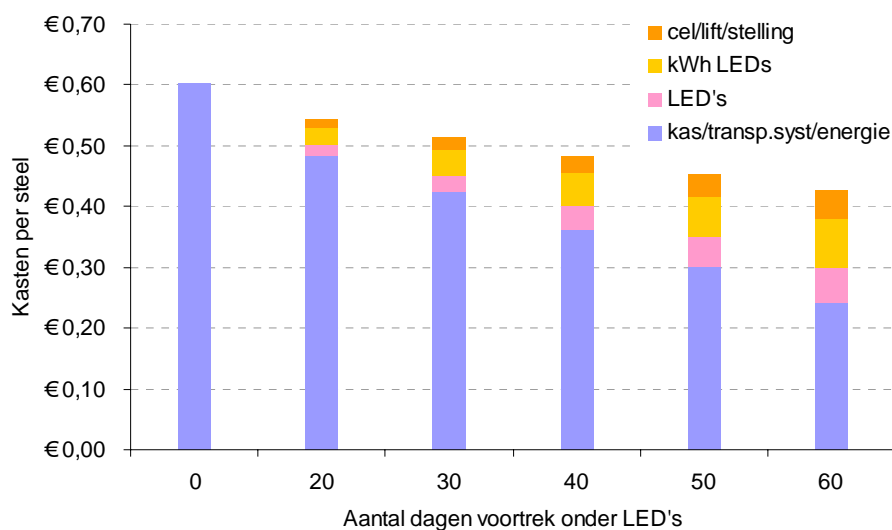
Ondanks de hoge kosten voor LED's (aanschaf en energieverbruik) is er bij 40 dagen voortrekken in meerlagenteelt in bewaarcellen een voordeel van 20% kostenreductie op jaarkosten/steel voor kas (inclusief energie voor verwarming en belichting in de winter) en mobiel tafelsysteem. Met het rekenmodel kan (bij 6 lagen in de voortrek) berekend worden wat de kostenreductie zou zijn bij voortrek van 20 tot 60 dagen. Dit kan worden berekend bij verschillend ingeschatte jaarkosten voor kas + tafeltransportsysteem + energie voor kasverwarming en belichting. Resultaten hiervan voor die kosten bij €75/m² en € 60/m² zijn samengevat in figuur 4.1. In deze figuur is ook weergegeven wat kostenreductie zou zijn indien de efficiëntie van LED's 3 ipv. 1,5 µmol/watt, het belichtingsniveau 30 µmol/s/m² ipv. 50 en de kosten voor LED's €1,-/ µmol ipv. €2,- zou zijn.

Kostenreductie neemt evenredig toe met het aantal dagen dat in de cel voorgetrokken wordt. Hoe hoger de jaarkosten voor de kas met een mobiel tafelsysteem, hoe sterker de kostenreductie door voortrekken onder LED's in cellen. En hoe efficiënter de LED's, hoe lager het belichtingsniveau en hoe lager de aanschafkosten van LED's, hoe groter de kostenreductie.

Het aandeel van de verschillende kostenposten per steel in de uitgangssituatie (€75/m² jaarkosten voor de kas etc., 1,5 µmol/watt, 50 µmol/s/m²) is samengevat in figuur 4.2.

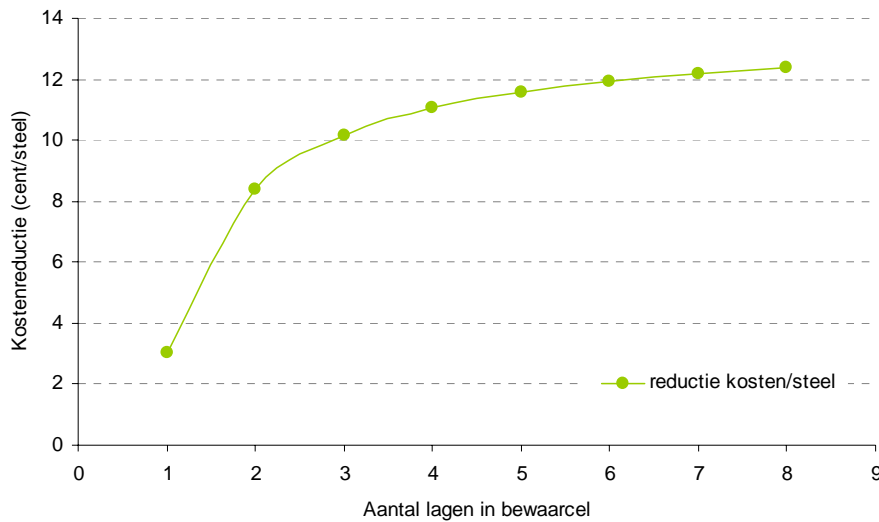


Figuur 4.1: Kostenreductie per steel.



Figuur 4.2: Aandeel kostenposten per steel.

Figuur 4.2 laat zien dat met het toenemen van het aantal dagen onder voortrek het aandeel van de kosten voor de kas, de kasverwarming en –belichting en het tafeltransportsysteem in de kostprijs afneemt, maar dat de kosten voor LED's (aanschaf en energieverbruik) flink toenemen. Het aandeel van de kosten voor bewaarcellen, stellingen en een lift zijn relatief klein. Kostenreductie door in meer dan 6 lagen voor te trekken is daarom maar klein, figuur 4.3.



Figuur 4.3 Kostenreductie door toenemend aantal lagen in voortrek.

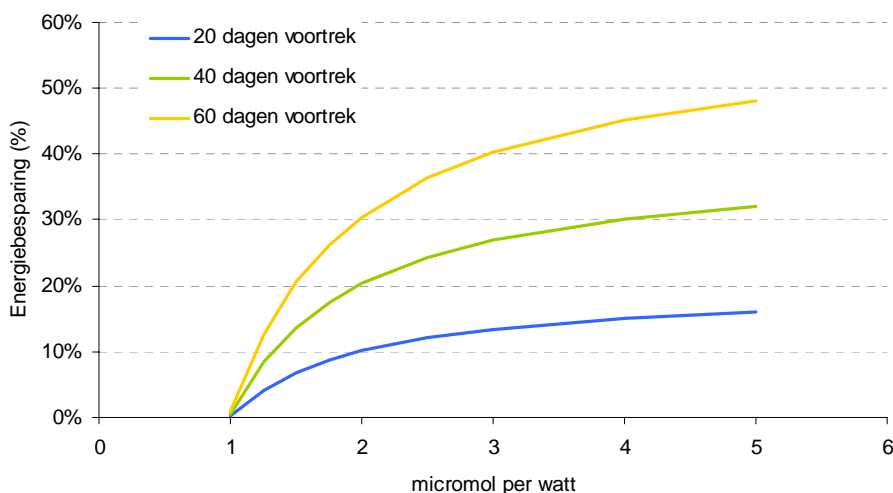
De energiebesparing door voortrek onder LED's is relatief klein, tabel 4.3. Achtergrond hierbij is dat LED's nog niet efficiënt genoeg zijn en dat uit is gegaan van een belichtingsniveau van $50 \mu\text{mol/s/m}^2$. Hoewel geen warmtestraling produceren LED's wel warmte in de armatuur. Deze warmte moet afgevoerd worden en kan s' winters gebruikt worden voor kasverwarming. Dit aspect is in de berekeningen niet meegenomen.

Tabel 4.3: Energieverbruik (MJ/steel), bij 40 dagen voortrek.

	100% in kas	Voortrek LED's/MLT
winterbelichting in kas	8,35	5,01
kasverwarming	9,91	5,95
LED belichting voortrek		4,80
totaal	18,26	15,76
bespaard		14%

Excl. koeling van de cellen

Wanneer LED's efficiënter zijn, dus meer dan $1,5 \mu\text{mol/watt}$ produceren, wordt al snel meer energie bespaard, figuur 4.4.



Figuur 4.4: Energiebesparing bij verschillende LED-efficiënties

Het verschil in energie-efficiëntie tussen rode LED's (1,6 $\mu\text{mol/watt}$) en blauwe LED's (1,4 $\mu\text{mol/watt}$) maakt maar weinig uit.

De conclusie is dat hoewel de huidige LED's weinig efficiënt zijn, voortrek in meerlagen in een bewaarcel economisch wel haalbaar lijkt. De kosten voor het elektraverbruik van de huidige LED's zijn mogelijk terug te dringen door de eerste weken bij een lager lichtniveau voor te trekken. Pas met efficiëntere LED's wordt fors op energie bespaard.

5 Discussie

Alle 3 cultivars lieten dezelfde gewasreactie zien onder LED. Onder uitsluitend rode LED waren de bladeren smal en opstaand. Onder uitsluitend blauwe LED waren de bladeren breed en hadden een horizontale stand. Onder beide lichtkleuren afzonderlijk strekten de 3 cultivars sneller dan onder een combinatie van beide lichtkleuren. Onder een combinatie van beide lichtkleuren waren de bladeren breed en was de stand horizontaal. Zodra de lelies in de kas werden gezet namen de bladeren in de lelies die onder LED waren voorgetrokken dezelfde horizontale stand aan als in de kascontrole. Bij de bloei waren de bladeren in de lelies die onder uitsluitend blauwe LED waren voorgetrokken nog steeds groter dan de bladeren die onder uitsluitend rode LED waren voorgetrokken.

Uitsluitend rode of blauwe LED

Gemiddeld over alle 3 cultivars was de takkwaliteit min of meer vergelijkbaar met de kascontrole indien de lelies onder uitsluitend 50 μmol rode of 50 μmol blauwe LED waren voorgetrokken.

Zowel in de eerste trek in de cultivar Muscadet (plantdatum 7 mei) als in de 2^e trek in de cultivar Helvetia (plantdatum 7 september) werd er gemiddeld een halve knop minder geoogst. Dit werd waarschijnlijk veroorzaakt doordat de temperatuur bij voortrek onder LED enkele graden lager is geweest dan de temperatuur in de kas. Uit onderzoek is bekend dat in Oriëntals in de eerste weken na planten, de knoppen worden aangelegd, en dat de temperatuur hierop van invloed is. Hoe hoger de temperatuur de eerste weken na opplant, des te groter het aantal knoppen. Het is aannemelijk dat er geen verschillen in knopaantallen zouden zijn geweest indien de lelies onder dezelfde temperatuur waren voorgetrokken. In dit project werd onder LED niet voor een hogere celtemperatuur gekozen omdat verwacht werd dat de intensiteit LED waarmee werd belicht niet hoog genoeg was om een hogere celtemperatuur aan te houden. In Brindisi was in beide trekken onder beide lichtkleuren het aantal knoppen vergelijkbaar met de kascontrole. In White Heaven was in de lelies die onder uitsluitend blauwe of rode LED waren voorgetrokken het aantal knoppen in de 1^e trek hoger dan in de kascontrole en in de 2^e trek vergelijkbaar met het aantal knoppen in de kascontrole.

In de 1^e trek waren de takken in alle 3 cultivars, die onder uitsluitende rode of blauwe LED waren voorgetrokken, langer en zwaarder dan in de kascontrole. Hierdoor was het gewicht per cm en daarmee de stevigheid van de takken in deze behandelingen, in alle 3 cultivars, lager dan in de kascontrole.

In de 2^e trek echter was de taklengte in de lelies die onder uitsluitende rode of blauwe LED waren voorgetrokken in de cultivars Brindisi en Helvetia langer en in White Heaven vergelijkbaar met de taklengte in de kascontrole.

In Brindisi was in de 2^e trek in de lelies die onder uitsluitend rode of blauwe LED waren voorgetrokken het takgewicht en het gewicht per cm gelijk aan de kascontrole. In de cultivars Helvetia en White Heaven die in de 2^e trek onder uitsluitend rode of blauwe LED waren voorgetrokken was het takgewicht en daarmee het gewicht per cm lager dan in de kascontrole.

In beide trekken was zowel in Brindisi als in White Heaven die onder uitsluitend rode of blauwe LED was voorgetrokken de trekduur langer dan in de kascontrole. In Helvetia kwam in de lelies die onder uitsluitend rode LED waren voorgetrokken, bladverbranding voor. In de lelies die onder uitsluitend blauwe LED waren voorgetrokken kwam geen bladverbranding voor. Uit onderzoek is bekend, dat lelies minder last hebben van bladverbranding indien ze onder HQT-lampen, een daglichtlamp waarin meer blauw licht zit, in bloei worden getrokken. Net als onder blauwe LED werd onder HQT lampen ook gezien dat het blad eerder gaat spreiden waardoor er minder bladverbranding optrad.

Combinatie van rode + blauwe LED

Indien de lelies onder een combinatie van rode + blauwe LED waren voorgetrokken verschilde de minimaal benodigde LED-lichtintensiteit per cultivar. De cultivars Brindisi en Helvetia hadden tijdens het voortrekken onder LED een minimale lichtsterkte van 50 μmol rode + blauwe LED nodig voor een goede takkwaliteit. In White Heaven kon in mei met 10 μmol rode + blauwe LED en in september met 18 μmol een goede takkwaliteit worden gebroeid. In de eerste proef die in mei onder LED werd geplaatst kwam later in de kas

bij de cultivar Brindisi, en in mindere mate bij White Heaven, knopval voor. Knopval deed zich alleen voor in de lelies die onder een combinatie van rode + blauwe LED waren voorgetrokken waarbij de intensiteit van één van beide kleuren minder was dan 50 μmol . In de lelies die onder alleen rode of alleen blauwe LED waren voorgetrokken kwam geen knopval voor.

Knopval komt voor in lelies uit de groep van de Aziaten en LA-hybriden onder lichtarme omstandigheden in de winter. Ook in de zomer kan knopval ontstaan in lelies die te zwaar worden geschermd of indien de plantdichtheid te hoog is. Hiervan was in dit onderzoek geen sprake. In de 2^e trek werd getracht knopval te voorkomen door de lelies voor te trekken onder een combinatie van 95% rode of blauwe LED in combinatie met 5% blauwe of rode LED. Ter vergelijking werd een behandeling meegenomen onder een combinatie van rode + blauwe LED waarin in de 1^e trek volop knopval voorkwam. Echter in de 2^e trek heeft knopval zich in geen enkele behandeling voorgedaan. De intensiteit rode, dan wel blauwe LED bleek niet van invloed op knopval later in de kas. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat de overgang in temperatuur van de cel, waarin de lelies bij 15°C onder LED werden voorgetrokken, naar de kas, in de zomer groter is geweest dan in de winter. Onder alle combinaties van rode + blauwe LED kwam in de 2^e trek in Helvetia bladverbranding voor.

Economische haalbaarheid

In de haalbaarheidsanalyse werd berekend of het voortrekken van lelies in meerlagen in een bewaarcel economisch haalbaar is. Door de teelt in meer lagen gaat de productie omhoog en kunnen de productiekosten per steel lager worden.

In de berekeningen werd uitgegaan van een kas van 10.000 m² met een teeltsysteem op rollafels en een kasbenutting van 90%. Er zijn 3,5 trekken per jaar mogelijk. Door in 6 lagen voor te trekken zijn 5,8 trekken per jaar mogelijk. Hierdoor gaat de productie van 1,25 miljoen stelen naar 2,1 miljoen stelen per jaar tegen een kostprijsreductie van 11,9 cent per steel. Dit betekent dat het voortrekken onder de thans beschikbare inefficiënte LED's, die veel elektra verbruiken, uitkan. Naarmate er efficiëntere LED's op de markt komen zal het elektraverbruik nog verder dalen waardoor de kostprijsreductie nog verder zal toenemen.

6 Conclusies

Het is in dit project goed mogelijk gebleken om lelies de eerste 6 weken van de groei (tot knoppen zichtbaar worden) onder 50 μmol rode of blauwe LED voor te trekken. De takkwaliteit is dan min of meer vergelijkbaar met de takkwaliteit in de kascontrole. Onder een combinatie van rode + blauwe LED is de kwaliteit afhankelijk van de cultivar iets lager wat in de proeven tot uiting kwam in langere slappere takken, knopval in Brindisi en bladverbranding in Helvetia. De minimaal benodigde intensiteit rode + blauwe LED verschilt per cultivar en periode van opplant. Door de lelies de eerste weken van de groei, tot het moment dat de knoppen zichtbaar worden in de cel onder LED voor te trekken is het mogelijk om het aantal kasdagen te verlagen. Hoewel de huidige LED's op dit moment weinig efficiënt zijn, is voortrek in meerlagen in een bewaarcel onder LED economisch haalbaar. De productie gaat fors omhoog tegen lagere productiekosten per steel.

