

Lichtbehoefte bij de broei van tulp in meerlagensystemen

Onderzoek naar de mogelijkheden van lichtkleuren en lichtniveaus van LED-licht toegepast in broeisystemen voor tulpen

Martin van Dam, Jeroen Wildschut, Henk Gude

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO. Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

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

Projectnummer: 3236128400



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

**De bloembollensector
investeert in deze
activiteit via het**



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

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Bomen, Bollen & Fruit

Adres : Prof. Van Slogterenweg 2, Lisse

: Postbus 85, 2160 AB Lisse

Tel. : 0252 - 462121

Fax : 0252 - 462100

E-mail : info.bollen@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 MATERIAAL EN METHODE	9
2.1 Rood en blauw bij hoge en lage intensiteit (april 2011).....	10
2.2 Rood en blauw bij zeer lage intensiteit (januari 2012).....	11
2.3 Lage lichtintensiteit en toevoeging van UV en verrood.....	11
2.3.1 Lage intensiteit rood na blauw of andersom (behandeling 1 t/m 4):	12
2.3.2 Toevoeging van UV of verrood licht (behandeling 5 t/m 8):.....	12
3 RESULTATEN	13
3.1 Rood en blauw bij hoge en lage intensiteit (april 2011).....	13
3.2 Resultaat rood en blauw bij zeer lage intensiteit (jan 2012)	17
3.3 Lage lichtintensiteit en toevoeging van UV en verrood.....	19
3.3.1 Rood na blauw / blauw na rood.....	19
3.3.2 Rood of blauw met toevoeging van Verrood en UV.....	23
4 DISCUSSIE	29
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	31
5.1 Conclusies	31
5.2 Aanbevelingen	32
LITERATUUR.....	33

Samenvatting

Tulp en andere voorjaarsbloeiende gewassen als narcis en hyacint kunnen met weinig licht goede bloemen produceren. De plant met bloem is in feite al volledig aangelegd in de bol aanwezig en de benodigde energie voor de groei van de plant ligt in de bolrokken opgeslagen. Voor een kwalitatief goede plant is (naast water en warmte) nog wel stuurlicht nodig. Bij tulp wordt met licht het groen worden van het blad aangestuurd. Daarnaast heeft de kleur van het licht en het moment van toedienen ook invloed op de vorm van de plant (plant-, poot- en bladlengte). Ook de mate van groen worden van het blad kan worden beïnvloed. Sinds een aantal jaren staat LED verlichting sterk in de belangstelling in de tuinbouw vanwege de energiezuinige lichtopbrengst en de lange levensduur. De laatste jaren investeren tulpenbroeiers veel in meerlagen-teelt en daarbij biedt LED-licht een extra voordeel: de lichtbron is niet warm en kan daardoor vrij dicht bij het gewas worden aangebracht. Hierdoor is het makkelijker om meer lagen aan te leggen. Sinds de komst van de LED-verlichting is er al het een en ander aan onderzoek gedaan. Daaruit blijkt dat de groei en ontwikkeling van planten bij LED-licht anders is dan bij de traditionele kunstmatige lichtbronnen (TL en hogedruklampen). Dit houdt in dat het telen onder LED-lampen weer opnieuw moet worden geleerd. Er is bij PPO onderzoek verricht in een aantal experimenten. Hierbij gold als basis de huidige trend in meerlagenbroei, waarbij tulpen eerst ongeveer een week in het donker staan, vervolgens een week onder kunstlicht en tenslotte een week onder daglicht (bovenste laag in de kas). De resultaten van tulpen onder LED-licht werden vergeleken met tulpen die in de kas waren gebroeid.

Uit de proeven blijkt dat in het genoemde systeem, onder rood, blauw of een mengsel van rood en blauw een met planten uit de kas vergelijkbare kwaliteit tulpen kan worden gebroeid. Dit kan al bij lage lichtniveaus van 10 à 12 $\mu\text{mol/s/m}^2$ worden bereikt.

Blauw licht heeft als hoofdeffect een grotere plant- en pootlengte. Als daar rood wordt bijgevoegd worden eventuele nadelen als bleek blad en te diep in blad vrij snel verholpen. Rood licht geeft kortere planten dan blauw licht en bij rood licht wordt de bladkleur groener.

Bij een deel van de proeven werd na de donkere fase eerst rood en dan blauw (en andersom) gegeven. Bij korte cultivars (Hermitage, Rococo) gaf eerst blauw een iets langere poot- en plantlengte. De volgorde van rood en blauw maakte geen verschil bij de lange(re) cultivars (Leo Visser, Leen van der Mark).

Oriënterend werd een experiment met UV en verrood-licht uitgevoerd. Bijbelichten met UV of verrood-licht gaf een spectaculair verschil in plantopbouw te zien. Planten kregen bijvoorbeeld door UV-licht donkerder groen blad, doordat rode pigmenten in het blad meer zichtbaar werden. Ook qua vorm waren er duidelijk zichtbare verschillen, met name bij de korte cultivars. Deze planten werden tot 4 cm langer dan de tulpen uit de kas, voornamelijk door een langere poot.

Een minpuntje dat naar voren kwam was dat er in een van de proeven meer bladkiep voorkwam bij de belichte tulpen.

De genoemde resultaten houden geen rekening met het feit dat in een kas er naast het gebruikte LED-licht ook daglicht aanwezig is. Hierdoor zwakken de genoemde effecten over het algemeen af. Voor vervolgonderzoek zou dit een volgende stap kunnen zijn.

Ook zal er meer aandacht moeten komen voor het energieverbruik. Zijn de gevonden effecten van bijv UV en verrood effecten er ook bij kortere belichtingsduur en bij lage intensiteit?

Uit het LED-onderzoek in tulpen komen langzamerhand meer en meer ingrediënten en adviezen voor het lichtrecept naar voren:

- Donker: Tulpen kunnen vrijwel zonder problemen 1/3 van de trekduur zonder licht beginnen.
- Rood en Blauw: Het algemene advies is een mengsel van rood en blauw in een verhouding tussen 20 tot 30% rood en 50% rood. Dit vereist afstemming op de cultivareigenschappen. Bij cultivars die normaal kort zijn kan meer blauw worden gegeven en andersom is het beter meer rood licht te geven bij soorten die al vrij lang worden of zwaar blad geven.
- Het lichtniveau hoeft niet hoog te zijn. De kwaliteit van de tulpen is al goed bij 10 – 12 $\mu\text{mol/s/m}^2$.

- UV: Hierdoor wordt het blad donkerder, maar de plant kan meer gedrongen blijven. Verder onderzoek is nodig.
- Verrood: geeft extra strekking aan de planten van sommige (korte) cultivars. Ook dit aspect moet verder worden onderzocht.

1 Inleiding

Veel grote tulpenbroeiers stappen op dit moment over op meerlagenteelt. Een aantal is zelfs al zover of heeft vergevorderde plannen. Aanleidingen hiertoe zijn efficiencyverbetering en kostenbesparing, die weer voortkomen uit de wens en noodzaak van energiebesparing. Voor een maximaal rendement uit meerlagenbroeierij van tulpen is het noodzakelijk om dit uit te voeren met een minimaal gebruik van energie. Dit wordt enerzijds voor een groot deel bereikt door de genoemde meerlagenteelt. Anderzijds wordt dit bepaald door de keuze van de lichtbron die nodig is in dit systeem.

In de tuinbouw staat momenteel LED-licht erg in de belangstelling, vanwege de (toekomstige) energiezuinige lichtopbrengst en de lange levensduur. Naar verwachting zal over 5 tot 10 jaar alle belichting in de tuinbouw met LED worden uitgevoerd.

Een probleem bij het gebruik van LED-licht is, dat de groei en ontwikkeling van planten bij dit licht anders is dan bij de traditionele kunstmatige lichtbronnen (Gude, 1996 en Wildschut, 2010). Dit houdt in dat het telen onder LED-lampen weer opnieuw moet worden geleerd.

Naast de veel gebruikte rode en blauwe LEDs worden er ook hier en daar UV-LEDs en verrood LED-lampen gebruikt. Uit andere gewassen in onderzoek is daarover bekend dat: UV licht (UV-A en/of UV-B) invloed kan hebben op plantlengte, bladkleur, hardheid van het gewas, intensiteit van de bloemkleur. Verrood licht heeft invloed op lengte, bladkleur en vroegheid van bloei. Aangezien deze reacties vaak wisselend zijn waargenomen en vaak op gewassen die langere tijd in de kas staan lijkt het interessant om te zien of er voor tulp, met zijn kasperiode van 3 weken, nuttige reacties van UV en verrood kunnen worden waargenomen.

De eerste ervaring met tulpen onder LED hebben ons geleerd dat de plantopbouw van tulp kan worden gestuurd (Wildschut e.a. februari 2010). Blauw (100%) licht gaf langere en zwaardere tulpen. De bladeren werden langer, de bloemen zaten dieper in het blad en de pootlengte was groter. Zodra daar rood licht werd bijgemengd, namen plantgewicht en –lengte en blad- en pootlengte af en kwam de bloem meer uit het blad. Deze effecten traden al op bij een lichtniveau van $10 \mu\text{mol/s/m}^2$.

De tulpen in deze proeven voldeden niet altijd aan de kwaliteitsnormen die de praktijk stelt. Verfijning van het lichtrecept is daarom nodig. Bij de effecten spelen cultivar-eigenschappen ook een rol.

Dit onderzoek gaat voort op de ingeslagen weg en gaat vooral in op de praktische toepasbaarheid. Vragen die moeten worden beantwoord zijn:

- Kan een kwalitatief goede tulp worden gebroeid in een meerlagensysteem met behulp van LED-licht?
- Is toevoeging van verrood of UV licht nuttig voor tulp?
- Zijn er cultivarafhankelijke effecten?

In een serie van 4 experimenten werd daarvoor gekeken naar aspecten als lichtintensiteit, lichtkleur en het moment en volgorde van toedienen, effecten op lange en korte cultivars. Hierbij is de huidige trend in meerlagenbroei als uitgangspunt genomen, nl. een 3 laags-systeem in de kas, waarbij de tulpen eerst ongeveer een week in het donker staan, vervolgens een week onder kunstlicht en tenslotte een week onder daglicht (bovenste laag in de kas). De resultaten van tulpen onder LED-licht werden vergeleken met tulpen die volledig of na 1 fase donker in de kas waren gebroeid.

2 Materiaal en methode

Het onderzoek is gericht op het teeltproces van tulp in de kas in een meerlagensysteem. De totale kasperiode van tulpen varieert van ca. 3,5 week (bloei in december en januari) tot 2,5 week bij bloei in maart. De kasperiode volgt op de bewortelingsfase in de koelcel en kan wat betreft belichting worden onderverdeeld in 3 fasen:

1. De fase vanaf inhalen uit de koelcel. Hierin is bijna geen licht nodig en kunnen de tulpen in het donker groeien. De tulpen staan in de praktijk dan meestal op de onderste teeltlaag. Deze fase duurt 5 tot 10 dagen.
2. In de 2e fase staan de tulpen onder kunstlicht (in de praktijk onderin of in het midden (niet op de bovenste laag). Ze worden in deze fase belicht met LED-lampen (rood, blauwe, verrood en combinaties daarvan). Deze fase kan variëren van 5 tot 10 dagen.
3. De derde fase, is de laatste 5 tot 7 dagen tot de oogst. Hier staan de tulpen op de bovenste laag in de kas onder daglicht.

Gebruikte lichtbronnen.

Rood en blauw

De in de experimenten gebruikte lampen waren afkomstig van Lemnis Lighting.

Voor rood en blauw werden Oreon multilayer RB units gebruikt met elk 16 LEDs: 8 rode 660 nm, 4 x blauw 420 nm en 4 x blauw 450 nm. De kleuren konden afzonderlijk aan en uit worden geschakeld en waren dimbaar. Per proefruimte werden 2 van deze units parallel op een onderlinge afstand van 80 cm opgehangen waaronder 4 tot maximaal 6 kisten (40x60 cm) konden worden geplaatst. De ingestelde lichtsterkte werd gemeten op ca. 5 cm boven de spruit van de tulpen op het moment van inhalen. Tijdens de groei werden de lampen soms hoger gehangen als er teveel schaduweffecten optraden voor de buitenste planten van de kisten.

Verrood

Hiervoor werden LED-lampen van het type Lemnis Retrofit verrood gebruikt. Het lichtspectrum van deze lamp ligt tussen 650 en 780 nm met de piek op 730 nm.

UV

De voor de experimenten gebruikte UV-lampen waren LED-spots van Led Flower Growlights type SB12SUV. Het lichtspectrum hiervan is gemeten en ligt tussen 370 nm en 420 nm, met de piek op 395 nm. Dit licht valt onder de benaming UV-A (315 tot 400 nm), het niet schadelijke UV-licht, met een klein deel in het violet (boven 380 nm).

Het spectrum van zowel de verrood lamp als de UV lamp viel deels buiten het PAR-bereik (400 tot 700 nm), waardoor het instellen van gelijke lichtniveaus met een PAR-meter niet geheel zuiver kon worden uitgevoerd. Aangezien het doel van de experimenten met deze kleuren nog indicatief was is daar verder geen aandacht aan geschonken.

Waarnemingen en statistiek

De tulpen werden geoogst op veilstadium (beginnende kleur op de knop) en daarna gewogen en gemeten ter beoordeling van de kwaliteit. Gemeten lengtes waren: lengte poot, lengte plant, bloemgrootte en langste blad. Daarnaast werden van enkele behandelingen metingen aan het bladgroen verricht en werd de houdbaarheid op de vaas bepaald.

De behandelingen werden in twee tot 4 herhalingen uitgevoerd, afhankelijk van het experiment. Voor de statistische analyse werd gebruik gemaakt van de module ANOVA van het softwarepakket GENSTAT, 14^e editie.

2.1 Rood en blauw bij hoge en lage intensiteit (april 2011)

Deze proef werd uitgevoerd met 3 cultivars rond half april, aan het eind van het normale tulpenseizoen. De cultivars waren Ronaldo, Yoko Dream en Seadov. Deze tulpen, in prikbakken op water, werden opgeplant aangekocht van een praktijkbedrijf. De kasduur was in die periode circa 15 dagen, wat in dit geval resulteerde in 3 fasen van resp. 4, 5 en 5 dagen. De inhaaldatum was 11 april.

Het donker zetten in fase 1 en belichten (fase 2) werd uitgevoerd in ruimtes zonder andere lichtbron. Er werd met hoge en lage lichtintensiteit belicht. In dit experiment was hoog 22- 24 $\mu\text{mol/s/m}^2$ en laag 11 à 12 $\mu\text{mol/s/m}^2$.

Rood, Blauw en mengsel, bij hoge en lage intensiteit

Behandeling 1 en 3 werden in fase 2 belicht met rood licht, 1 bij hoge intensiteit 2 bij lage intensiteit (zie proefschema in Tabel 1. De belichting werd gedurende 20 uur per dag gegeven. Behandeling 2 en 4 kregen blauw licht. Een 50/50 mengsel van rood en blauw werd gegeven in behandeling 7 (lage intensiteit) en 8 eveneens laag. Deze laatste behandeling werd ook in fase 3 met hetzelfde LED-licht belicht. De bollen van alle andere behandelingen werden in fase 3 in de kas verder geteeld.

Er waren 2 controlebehandelingen: Behandeling 5 ging direct vanuit de koeling in de kas. Behandeling 6 stond eerst 4 dagen donker (fase 1) en werd daarna in de kas geplaatst.

Tabel 1 Proefschema Led proef april 2011, gestart

Beh Nr.	Lichtrecept code	fase1 4 dagen	fase 2 5 dagen	fase 3 5 à 6
1	DoRoKa24	donker	rood 24 $\mu\text{mol/s/m}^2$	Kas
2	DoBlKa24	donker	blauw 22 $\mu\text{mol/s/m}^2$	Kas
3	DoRoKa11	donker	rood 11 $\mu\text{mol/s/m}^2$	Kas
4	DoBlKa11	donker	blauw 11 $\mu\text{mol/s/m}^2$	Kas
5	KaKaKa	kas	kas	Kas
6	DoKaKa	donker	kas	Kas
7	DoRBKa12	donker	R+B 50/50 12 $\mu\text{mol/s/m}^2$	Kas
8	DoRB12	donker	R+B 50/50 12 $\mu\text{mol/s/m}^2$	R+B 50/50 12 $\mu\text{mol/s/m}^2$

Uitleg lichtrecept code

In de code van het lichtrecept staan chronologische volgorde per fase 2 tekens. De betekenis daarvan is

Do = donker

Ka = kas

Bl of B = blauw licht

Ro of R = rood licht

BR of RB = rood + blauw in gelijke hoeveelheden PAR licht

Het getal (12, 24, 6, 11 etc.) staat voor de hoeveelheid PAR licht die is gegeven. Eenheid: $\mu\text{mol/s/m}^2$

2.2 Rood en blauw bij zeer lage intensiteit (januari 2012)

Het tweede experiment binnen dit onderzoek werd uitgevoerd begin januari 2012. Hierbij werden bollen van 2 cultivars ('Leen van der Mark' en 'Leo Visser') ingehaald op 28 december 2011 volgens het belichtings-schema in tabel 2. De basisopzet was (als in §2.1): eerst 1/3 deel van de totale trekduur in het donker, gevolgd door 1/3 deel onder kunstlicht en 1/3 deel in de kas. De trekduur werd ingeschat op 24 dagen, de fasen duurden daarmee elk 8 dagen. Er werd in fase 2, 20 uur per etmaal belicht.

Eén van de uitgangspunten van het onderzoek is energiebesparing. Uit het experiment in april 2011 was gebleken dat de kwaliteit bij een belichting van 22 à 24 $\mu\text{mol/s/m}^2$ gelijk was aan belichten bij 11 à 12 $\mu\text{mol/s/m}^2$. In eerder onderzoek (Wildschut, van Dam en Gude, 2010) was de kwaliteit van tulpen onder 10 en 30 $\mu\text{mol/s/m}^2$ vergelijkbaar. Voor dit experiment werd gewerkt met een lichtintensiteit van 11 à 12 $\mu\text{mol/s/m}^2$ en met de helft daarvan: 6 $\mu\text{mol/s/m}^2$. Bij behandeling 1 en 2 werd met rode LEDs belicht en bij behandeling 3 en 4 met blauwe LEDs. Behandeling 5 was de combinatie rood + blauw bij 12 $\mu\text{mol/s/m}^2$. Behandeling 6 en 7 werden belicht met Rood+Blauw bij 25 $\mu\text{mol/s/m}^2$, waarbij er bij behandeling 6 ook nog verrood licht aan werd toegevoegd (+ 1 $\mu\text{mol/s/m}^2$ PAR licht). Van dit verrood licht kon slechts een deel worden waargenomen met de PAR meter, omdat van deze lamp (Lemnis Retrofit verrood) het spectrum buiten het PAR-bereik valt.

Een extra behandeling (op verzoek van de begeleidingscommissie) was behandeling 8. Hierbij werd in plaats van donker in fase 1 met zeer lage intensiteit (2 $\mu\text{mol/s/m}^2$) Rood+Blauw belicht. Het doel hiervan was om het effect te zien van een klein beetje strooilicht in plaats van volledig donker.

Als controle werden tulpen direct of na fase 1 (donker) in de kas geplaatst (beh 9 en 10).

Tabel 2 Overzicht van de behandelingen per fase van het tulpenbroeiexperiment, begin januari 2012.

Beh Nr	Lichtrecept code	fase1 8 dagen	fase 2 8 dagen	fase 3 8+ dagen
1	DoRoKa12	Donker	Rood 12 $\mu\text{mol/s/m}^2$	Kas
2	DoRoKa6	Donker	Rood 6 $\mu\text{mol/s/m}^2$	Kas
3	DoBIKa11	Donker	Blauw 11 $\mu\text{mol/s/m}^2$	Kas
4	DoBIKa6	Donker	Blauw 6 $\mu\text{mol/s/m}^2$	Kas
5	DoRBKa12	Donker	R+B 50/50 12 $\mu\text{mol/s/m}^2$	Kas
6	DoRBKa25+VR	Donker	R+B 50/50 25 $\mu\text{mol/s/m}^2$ +verrood	Kas
7	DoRBKa25	Donker	R+B 50/50 25 $\mu\text{mol/s/m}^2$	Kas
8	RB-RBKa25	R+B 50/50 2 $\mu\text{mol/s/m}^2$	R+B 50/50 25 $\mu\text{mol/s/m}^2$	Kas
9	DoKaKa	Donker	Kas	Kas
10	KaKaKa	Kas	Kas	Kas

2.3 Lage lichtintensiteit en toevoeging van UV en verrood

In de uitvoering van het experiment zoals beschreven in § 2.2. bleek onder andere dat de kwaliteit van tulpen die waren belicht onder hoge en onder lage intensiteit vergelijkbaar van kwaliteit waren. Hierdoor stond bij de begeleidingscommissie de behoefte om verder te experimenteren met het broeien bij lage lichtintensiteit. Dit resulteerde in een aantal behandelingen zoals hieronder wordt beschreven in § 2.3.1. Daarnaast was er interesse in de effecten van verrood en UV licht. Hiertoe werd een experiment gedaan zoals is beschreven in § 2.3.2. In tabel 3 staan de in totaal 8 behandelingen inclusief 2 controlebehandelingen in detail weergegeven.

De proef werd uitgevoerd met de cultivars 'Leen van der Mark' en 'Leo Visser' op twee tijdstippen:

- startdatum 24 januari, totale trekduur 20 dagen, per fase 5 dagen
- startdatum 5 februari, totale trekduur 18 dagen, per fase 4 ½ dag

Dezelfde behandelingen werden ook uitgevoerd met de cultivars 'Rococo' en 'Hermitage', met als enige inhaaldatum 24 januari. Deze cultivars hebben de eigenschap kort te blijven en zijn daarmee interessant in lichtproeven met het oogmerk daardoor extra lengte te krijgen.

2.3.1 Lage intensiteit rood na blauw of andersom (behandeling 1 t/m 4):

- De broeiduur werd in 4 fasen van gelijke lengte verdeeld waarvan de 1^e fase donker, de 2^e + 3^e fase belicht en de 4^e fase in daglicht in de kas werd uitgevoerd.
- Er werd belicht in fase 2 en 3 met een lichtintensiteit van 6 µmol/s/m².
- 6 µmol/s/m² belichting werd gegeven met LEDs die (gedurende 20 uur per dag) constant aan stonden (behandeling 1 en 2) of waarbij een hogere intensiteit licht zodanig aan en uit werd geschakeld dat dezelfde lichtsom werd verkregen (beh. 3 en 4). De gedachte hierachter is dat een al geïnstalleerde lichtinstallatie met hoge intensiteit ook bij een lager energieverbruik worden ingezet. Het aan/uitschakelen gebeurde in eenheden van 15 minuten.
- Constant rood, blauw of gemengd werd nu vervangen door eerst rood en daarna blauw of eerst blauw en daarna rood.

Toelichting: De effecten van een kleur (zoals blauw geeft strekking) hebben altijd sterk betrekking op dat deel van de plant dat dan strekt, als die belichting wordt gegeven. Het moment van belichten van blauw heeft dus afhankelijk van de groeifase van de plant de ene keer meer strekking van de poot en de andere keer meer bladstrekking tot gevolg.

Tabel 3 Overzicht van de behandelingen met lage lichtintensiteit en met toegevoegd UV en verrood licht van de experimenten eind januari 2012.

	Lichtrecept code	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
1	DoR6B6Ka	Donker	Rood 6 µmol/s/m ²	Blauw 6 µmol/s/m ²	Kas
2	DoB6R6Ka	Donker	Blauw 6 µmol/s/m ²	Rood 6 µmol/s/m ²	Kas
3	DoR6B6Ka-intv	Donker	Rood 6 µmol/s/m ² door aan/uit	Blauw 6 µmol/s/m ² door aan/uit	Kas
4	DoB6R6Ka-intv	Donker	Blauw 6 µmol/s/m ² door aan/uit	Rood 6 µmol/s/m ² door aan/uit	Kas
5	DoR6R6Ka-VR	Donker	Rood 6 µmol/s/m ² +verrood		Kas
6	DoR6R6Ka-UV	Donker	Rood 6 µmol/s/m ² + UV		Kas
7	DoB6B6Ka-VR	Donker	Blauw 6 µmol/s/m ² + verrood		Kas
8	DoB6B6Ka-UV	Donker	Blauw 6 µmol/s/m ² + UV		Kas
9	DoKaKaKa (controle)	Donker	Kas	Kas	Kas
10	KaKaKaKa (controle)	Kas	Kas	Kas	Kas

2.3.2 Toevoeging van UV of verrood licht (behandeling 5 t/m 8):

In 4 behandelingen werd UV en verrood licht toegevoegd aan rode of blauwe LED. Het doel daarvan was om effecten van deze lichtkleuren waar te nemen. Er was van beide geen kennis over de te verwachten effecten op tulpen. Verrood geeft bij de meeste planten strekking en is bij lange-dagplanten de verantwoordelijke golflengte voor het induceren van bloei. Er werd in dit experiment nog geen rekening gehouden met de hoeveelheid licht, maar ging het alleen om de effecten van de lichtkleur op de kwaliteit en vorm van de planten.

3 Resultaten

3.1 Rood en blauw bij hoge en lage intensiteit (april 2011)

Van de broeiproeven wordt de kwaliteit van het geogste product in veilstadium weergegeven in een aantal factoren: lengte, gewicht, bloemgrootte, bloem in blad en kasdagen. Lengte en gewicht zijn normaal de belangrijkste indicatoren voor de plantkwaliteit. Bij dit onderzoek met belichting zijn er ook effecten op de vorm en bladkleur van de planten.

De resultaten van deze zet worden voor de 3 cultivars gezamenlijk besproken aan de hand van de gemiddelde uitkomsten. Alleen waar een cultivar duidelijk afweek van de andere in de reactie op het aangeboden lichtregime, wordt een opmerking per cultivar gemaakt.

Gewicht

Tabel 4 Gemiddeld plantgewicht van 3 cultivars, per behandeling (lichtregime in fase 2). Uitslagen met dezelfde letter zijn statistisch aan elkaar gelijk.

Beh Nr	Lichtrecept	Gewicht (g)
1	DoRoKa24	32.9 cd
2	DoBlKa24	33.6 d
3	DoRoKa11	31.6 bc
4	DoBlKa11	33.5 d
5	Kakaka	32.5 cd
6	Dokaka	32.1 bcd
7	DoRBKa12	32.6 cd
8	DoRB12 *1	29.5 a
*1 ook in fase 3		Lsd = 1.62

In tabel 4 staan de resultaten van gewicht van de planten als gevolg van de LED belichting. De planten met blauw licht in de 2^e fase hadden het hoogste gewicht. Gelijk daaraan waren ook de onder rode LED, met hoge intensiteit belichte planten (beh. 1 DoRoKa24), de planten van behandeling 7 (rood+blauw) en de controles 5 en 6 (volledig in de kas, resp. in de kas na 4 dagen donker). Rode LED met lage intensiteit (beh. 3) gaf minder zware planten. De planten die rood+blauw in fase 2 en 3 kregen hadden het laagste gewicht. De cultivars verschilden onderling in gewicht (gemiddeld voor: Ronaldo 26 g, Seadov 39 g en Yoko Dream 31 g), maar de effecten van belichting op het gewicht waren voor de 3 cultivars hetzelfde.

Plantlengte

Tabel 5 Gemiddelde plantlengte van 3 cultivars, per behandeling (lichtregime in fase 2).

Beh Nr	Lichtrecept	lengte (cm)
1	DoRoKa24	45.9 cde
2	DoBlKa24	46.8 e
3	DoRoKa11	45.5 bc
4	DoBlKa11	46.8 e
5	Kakaka	45.8 bcd
6	Dokaka	45.5 bc
7	DoRBKa12	46.7 de
8	DoRB12 *	43.9 a
* ook in fase 3		Lsd = 0.95

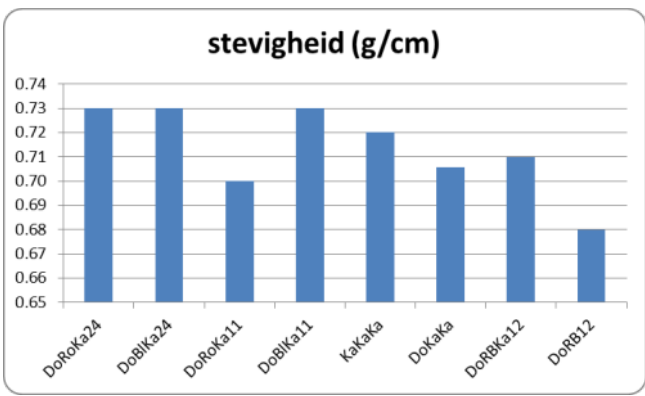
De effecten van belichting op plantlengte (tabel 5) vertonen vrijwel hetzelfde beeld als de effecten op gewicht (tabel 5). De behandelingen blauwe LED, rood+blauw en rood met hoge intensiteit (behandelingen 2, 4, 7 en 1) gaven de langste planten. De planten die rood+blauw in fase 2 en 3 kregen (beh 8, DoRB12) hadden de kortste planten.

Over het algemeen leidde belichting met blauwe LED (beh 2 en 4) tot de grootste lengte bij de drie cultivars. Yoko Dream kreeg bij hoge intensiteit rood (Beh 1, DoRoKa24) ook meer lengte. Bij Ronaldo waren de planten die met het mengsel van rood en blauw waren belicht in fase 2 (beh. 7, DoRBKa12) van vergelijkbaar grote lengte als de met blauw belichte tulpenplanten (beh. 2 en 4).

Stevigheid

Tabel 6 De stevigheid van de tulpen (gewicht per cm) per behandeling (lichtregime in fase 2).

Beh Nr	Lichtrecept	Stevigheid (g/cm)
1	DoRoKa24	0.73 c
2	DoBlKa24	0.73 c
3	DoRoKa11	0.70 ab
4	DoBlKa11	0.73 c
5	KaKaKa	0.72 bc
6	DoKaKa	0.71 bc
7	DoRBKa12	0.71 bc
8	DoRB12 *	0.68 a
* ook in fase 3		Lsd = 0.027

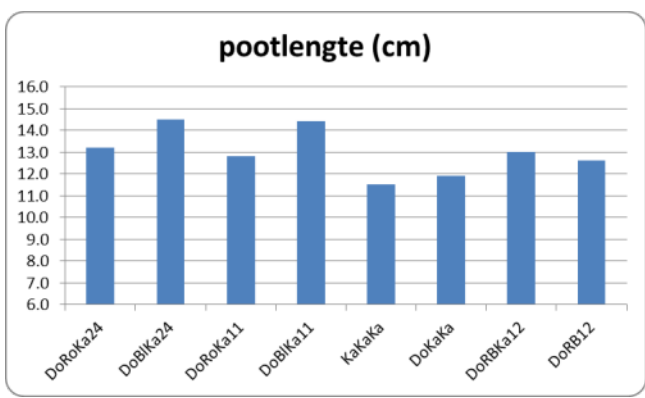


Stevigheid is de berekende verhouding tussen gewicht en lengte (zie tabel 6). De planten verschilden maar weinig in stevigheid als gevolg van de belichting. Van de 3 cultivars was het gewicht per cm van Ronaldo het laagst (0.54 g/cm), daarna volgden Yoko Dream (0.67 g/cm) en Seadov (0.92 g/cm). De reactie op het lichtregime was voor de 3 cultivars gelijk, in de tabel (6) wordt het gemiddelde van de 3 cultivars weergegeven. De planten die in fase 2 en 3 werden belicht (beh 8, DoRB12) scoorden laag in stevigheid.

Pootlengte

Tabel 7 De pootlengte per behandeling (belichting in fase 2), gemiddelde waarden van 3 cultivars.

Beh Nr	Lichtrecept	Pootlengte (cm)
1	DoRoKa24	13.2 d
2	DoBlKa24	14.5 e
3	DoRoKa11	12.8 bc
4	DoBlKa11	14.4 e
5	KaKaKa	11.5 a
6	DoKaKa	11.9 a
7	DoRBKa12	13.0 cd
8	DoRB12 *	12.6 bc
*1 ook in fase 3		Lsd = 0.42



De grootste pootlengtes werden aangetroffen bij de met blauw licht behandelde planten (beh. 2 en 4). Ten opzichte van de controles zonder kunstlicht (beh. 5, volledig kas en beh. 6, DoKaKa) hadden alle belichte tulpen langere potten.

De verschillen in *plantlengte* tussen verschillende behandelingen (eerder genoemd in tabel 5) werden grotendeels veroorzaakt door de verschillen in *pootlengte* (tabel 7), zoals blijkt uit de vergelijking tussen beide meetwaarden. Zo is bijvoorbeeld het verschil in plantlengte tussen behandeling 1 en 2 0,9 cm (tabel 5) en het verschil in pootlengte 1,3 cm. Iets dergelijks is te zien bij behandeling 3 en 4. Het is dus vooral de poot

die langer is geworden. De tulpen die onder LED in fase 2 en 3 stonden (beh. 8, DoRB12) weken daarvan af. De plantlengte hiervan bleef achter, maar de pootlengte van deze tulpen was normaal vergeleken met de andere behandelingen; de planten van deze behandeling hadden dus een relatief lange poot, en de lichtbehandeling had dus vooral effect op de bovenste internodiën.

Bloemgrootte

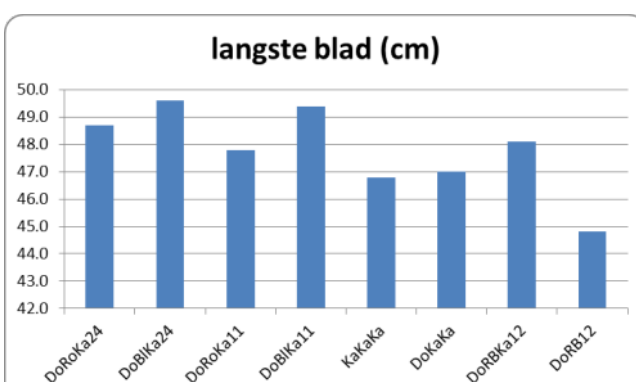
In bloemgrootte verschilden de behandelingen weinig van elkaar. Het grootste verschil tussen behandelingen was 0,6 cm. Bij volledig kunstlicht bleef de bloem het kleinst. De bloemen van de controles in de kas werden het grootst.

Langste blad

In tabel 8 worden de resultaten van de lengte van het langste blad weergegeven. In de behandelingen met blauw licht (beh. 2 en 4) bij hoge en lage intensiteit was het blad het langst. Het kortste blad werd gemeten bij de tulpen die in fase 2 en 3 onder een mengsel van rood en blauw waren gebroeid. Dit was ook de enige behandeling waar het blad korter was dan de controlebehandelingen zonder kunstlicht (beh. 5, KaKaKa en beh. 6, DoKaKa). Bij alle behandelingen stak het blad uit boven de bovenkant van de bloem.

Tabel 8 De lengte van het langste blad per behandeling (belichting in fase 2), gemiddeld van 3 cultivars.

Beh Nr	Lichtrecept	Langste blad (cm)
1	DoRoKa24	48.7 de
2	DoBlKa24	49.6 e
3	DoRoKa11	47.8 cd
4	DoBlKa11	49.4 e
5	KaKaKa	46.8 b
6	DoKaKa	47.0 bc
7	DoRBKa12	48.1 d
8	DoRB12 *	44.8 a
* ook in fase 3		Lsd = 0.93

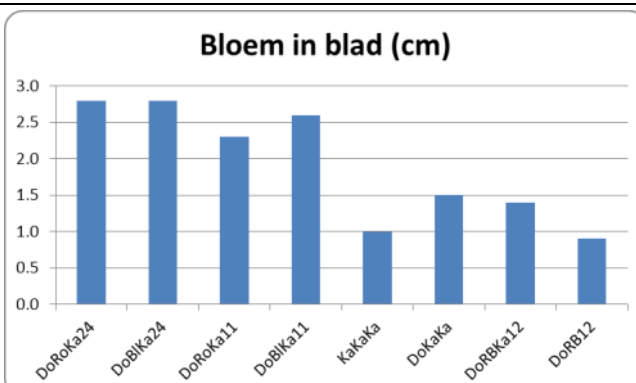


Bloem in blad

Het aantal centimeters dat het blad boven de bloem uitstak wordt weergegeven in tabel 9. In de grafiek naast de tabel is goed te zien dat het blad van planten van de behandelingen met hoge en lage intensiteit van alleen blauw of rood licht (de eerste 4 behandelingen) meer uitsteekt boven de bloem dan de 2 controles en de behandelingen met gemengd rood en blauw licht. Voor bloem in blad is geen duidelijk criterium voor wat nog kan en wat teveel is. Het is sterk afhankelijk van de mate waarin de bloemknop nog waarneembaar is en daarbij speelt de knopkleur en de breedte van het bovenste deel van het blad ook een rol. In deze proef en met de gebruikte cultivars, werd de plaats van de bloem ten opzichte van de bladeren niet als storend ervaren.

Tabel 9 Bloem in blad, het aantal centimeters waarmee het blad boven de bloem uitsteekt.

Beh Nr	Lichtrecept	Bloem in blad (cm)
1	DoRoKa24	2.8 a
2	DoBlKa24	2.8 a
3	DoRoKa11	2.3 bc
4	DoBlKa11	2.6 ab
5	KaKaKa	1.0 e
6	DoKaKa	1.5 d
7	DoRBKa12	1.4 d
8	DoRB12 *	0.9 e
* ook in fase 3		Lsd = 0.40



Kasdagen

Planten die direct of na de 1^e fase in de kas werden gebroeid (beh. 5 en 6) konden het eerst worden geoogst: gem. 16 kasdagen (zie tabel 10). De planten die in de 2^e fase werden belicht deden er 1 of 2 dagen langer over. De tulpen van de behandeling waarbij de 2^e en de 3^e fase werd belicht (beh. 8, DoRB12) brak het oogstmoment het laatste aan: bijna 20 kasdagen tot einde oogst.

De verschillen werden niet alleen door de belichting veroorzaakt. In de kas traden grotere schommelingen in temperatuur op dan in de cel. Naarmate de bloemen langer in de kasruimte groeiden was het oogsttijdstip daardoor eerder. Dit komt doordat de groeisnelheid bij hogere temperatuur steeds sneller verloopt (niet lineair maar volgens een exponentiële lijn). In de navolgende experimenten werd daarom in de kas meer geschermd en werd de temperatuur in de kas een fractie lager ingesteld zodat het aantal dagen tot oogst dichter bij elkaar kwam. Dit maakt een eerlijker vergelijking mogelijk tussen planten in verschillende kweekruimtes.

Tabel 10 Aantal kasdagen (dagen van inhalen tot einde oogst) per behandeling. Waarden zijn gemiddelden van 3 cultivars.

Beh Nr	Lichtrecept Code	Kasdagen
1	DoRoKa24	17.3 cd
2	DoBKa24	17.0 c
3	DoRoKa11	17.0 c
4	DoBKa11	17.7 de
5	KaKaKa	15.8 a
6	DoKaKa	16.2 ab
7	DoRBKa12	18.0 e
8	DoRB12 *	19.7 f
* ook in fase 3		Lsd = 0.40

Kwaliteit overig

Op de oogstdag werden de tulpen per bos beoordeeld op steelstand/ zwierigheid. Dit is de mate waarin de stelen rechtop blijven staan of juist ombuigen. De score loopt hier van 1 t/m 5. 1 = alle stelen blijven rechtop staan, 5 = de stelen buigen door meer dan 45°.

In tabel 11 worden deze scores per cultivar weergegeven. Bij de drie cultivars waren er weinig verschillen als gevolg van de behandeling. Planten onder kunstlicht deden niet onder voor planten uit de kas (de controles). Yoko Dream en Seadov waren hadden keurig rechte en stevige tulpen. Al eerder zagen we dat de stelen van de cultivar Ronaldo minder stevig waren. Daardoor buigen ze makkelijker door en scoren ze hier hoger dan de beide andere cultivars. Ronaldo vertoonde ook meer slap blad.

De stelen van Yoko Dream hadden een licht kromme poot. Dit krom zijn of 'slingeren' was ontstaan aan het eind van de donkere fase (fase1). Tulpen die langer in het donker waren blijven staan (niet opgenomen in deze resultaten) slingerden nog sterker en waren daardoor niet meer verkoopbaar. Algemeen geldt dat wanneer de tulpen in het donker een begin van kromgroei vertonen, ze direct in daglicht of onder de lampen moeten worden gezet.

In de cultivar Seadov werd licht tot matig bladkiep geconstateerd. De percentages planten met deze beelden zijn ook in tabel 11 opgenomen. In planten die met alleen rood of blauw licht waren belicht in fase 2 (beh 1 t/m 4) ontstond duidelijk meer bladkiep dan in de controles (beh 5 en 6) kas en de behandeling met rood+blauw in fase 2 (beh 7, DoRBKa-12). Behandeling 8 werd niet beoordeeld.

Tabel 11 Scores voor de steelstand per cultivar, per behandeling, beoordeeld op de oogstdag. In de laatste kolom tevens het percentage bladkiep 2 dagen na de oogst van de cultivar Seadov. 1 = alle stelen blijven rechtop staan, 5= de stelen buigen meer dan 45° door.

BehNr	Omschrijving	Seadov	Yoko Dream	Ronaldo	Bladkiep Seadov (%)
1	DoRoKa24	1	2	3	30
2	DoBIKa24	1	2	4	21
3	DoRoKa11	1	2	3	33
4	DoBIKa11	1	2	2 - 3	21
5	KaKaKa	1	2	3	0
6	DoKaKa	1	2	4 - 5	1
7	DoRBKa12	1	1	3	5

Samengevat

De bovenstaande resultaten van de eerste zet (april 2011) kunnen als volgt worden samengevat. Tulpen die (alleen) in de tweede fase werden belicht met LED-licht geven t.o.v. tulpen uit de kas (behandelingen 5 en 6) :

- een vergelijkbaar gewicht, stevigheid en bloemgrootte;
- grotere plant- en pootlengte;
- meer in het blad zittende bloemen;
- een langere kasperiode;
- qua presentatie een vergelijkbaar stevige bos tulpen.

Planten die werden gebroeid onder volledig LED-licht (beh. 8) weken op meerdere punten in negatieve zin af.

Plant-, poot- en bladlengte zijn bij belichting met blauw licht het grootst, maar rood en het mengsel van rood en blauw is daar vaak mee vergelijkbaar van lengte.

Belichten met hoge of lage intensiteit blauw gaf steeds een vergelijkbaar resultaat.

Belichten met hoge en lage intensiteit rood gaf verschillen bij stevigheid, pootlengte en bloem in blad.

3.2 Resultaat rood en blauw bij zeer lage intensiteit (jan 2012)

Tabel 12 Kwaliteitsaspecten (gewichten, lengtes en kasdagen) van cultivar Leo Visser per behandeling (lichtregime in 2^e fase van de teelt). Het volledige behandelingschema is te vinden in tabel 2 (Hfdst. 2.2).

Beh Nr	Lichtrecept Code	Gewicht (g)	Plantlengte (cm)	Stevigheid (g/cm)	Pootlengte (cm)	Langste blad (cm)	Bloemgrootte (cm)	Bloem in blad (cm)	Kasdagen
1	DoRoKa12	25.4 abc	37.9 ab	0.67	14.5 ab	42.7 abc	5.1	4.8 bc	25.0
2	DoRoKa6	24.8 ab	37.8 a	0.66	14.5 ab	42.5 ab	5.0	4.7 bc	25.0
3	DoBIKa11	25.2 ab	38.5 abcd	0.66	15.9 c	43.9 c	5.1	5.4 ab	25.0
4	DoBIKa6	27.7 d	40.3 f	0.69	16.8 d	46.3 d	5.0	6.0 a	25.0
5	DoRBKa12	24.6 a	38.7 bcde	0.63	14.6 ab	42.6 abc	5.1	3.9 cd	25.0
6	DoRBKa25+VR	26.5 cd	39.6 ef	0.67	15.3 bc	43.7 bc	5.1	4.1 cd	24.0
7	DoRBKa25	25.1 ab	38.4 abc	0.65	14.3 a	42.6 ab	5.1	3.3 d	24.5
8	RB-RBKa02-25	24.6 a	37.7 a	0.65	14.8 ab	41.9 a	5.0	4.2 cd	24.5
9	DoKaKa	25.9 bc	39.3 de	0.66	15.0 ab	43.4 bc	5.2	4.1 cd	24.5
10	KaKaKa	25.4 abc	38.9 cde	0.65	14.9 ab	42.3 ab	5.0	3.4 d	23.5
l.s.d. P=0.05)		1.20	0.92	n.s.	0.78	1.38	n.s.	1.04	n.s.

In tabel 12 staan de gemeten lengtes, gewicht gemiddeld van de cultivar Leo Visser. In de kas bleek de groei van 'Leen van der Mark', onverklaarbaar, erg traag te zijn; ze stonden ca. 5 dagen langer. Er werd daarom besloten de metingen hiervan niet mee te nemen in de analyse.

Gewicht

Er was weinig verschil in gewicht tussen de planten van de verschillende behandelingen. Statistisch was alles gelijk (gemiddeld 25,5 gram) behalve de laagste intensiteit blauw (beh. 4), deze wogen 27.7 gram.

Plantlengte

De planten die volledig in de kas waren gebroeid (beh. 10) waren qua lengte vergelijkbaar met planten die belicht waren onder rood + blauw (Beh. 5 en 7) en met rood + blauw+ verrood (beh. 6) en met planten die onder de blauwe LEDs bij hoge intensiteit waren belicht (beh. 3).

Minder lengte (vergeleken met de kastulpen) werd gemeten bij de tulpen die met rood waren belicht (beh. 1 en 2) en de tulpen die in fase 1 al met 2 $\mu\text{mol/s/m}^2$ rood+blauw werden belicht (beh. 8). Blauw licht bij lage intensiteit (beh. 4) gaf de langste planten. Het grootste verschil was 2,7 cm bij een gemiddelde lengte van 38.7 cm.

Stevigheid

Door slechts kleine verschillen in lengte en gewicht waren er tussen de behandelingen ook geen verschillen in stevigheid (gewicht per centimeter).

Pootlengte

De pootlengte van de behandelingen alleen blauw licht (beh. 3 en 4) was groter bij dan van de bloemen uit de kas (beh. 10). Alle tulpen van andere behandelingen gaven vergelijkbare pootlengtes met die uit de kas.

Langste blad

De grootse lengte van het blad werd gevonden bij de behandelingen met alleen blauw licht, net als bij pootlengte. De andere behandelingen gaven een vergelijkbaar resultaat op de bladlengte als de planten die in de kas hadden gestaan.

Bloemgrootte

Er ontstonden in dit experiment geen verschillen in bloemgrootte door de verschillende wijzen van belichting.

Bloem in blad

Bloem in blad is het aantal centimeters dat het langste blad boven de bloem uitsteekt. De bloemen van planten uit de controle in de kas zaten minder diep in het blad dan de bloemen die in fase 2 waren belicht met alleen blauw (beh. 3 en 4) en met alleen rood (beh. 1 en 2). De combinaties met rood+blauw en met verrood hadden bloemen op vergelijkbare diepte in het blad als de tulpen in de kas.

Kasdagen

Gemiddeld waren de bloemen binnen 24,5 dagen na inhalen geoogst. Er waren statistisch geen verschillen, maar in deze zet en in de zetten die nog volgden, was het beeld steeds dat de bloemen van de controlebehandeling 10, die vanaf inhalen in de kas stonden, het eerst konden worden geoogst. De behandeling met verrood (beh. 6) volgde kort daarop en 1 tot 1,5 dag daarna volgden dan de andere behandelingen.

Overige indrukken

Aan het eind van dit experiment werden indrukken van de leden van de begeleidingscommissie genoteerd. De opmerkingen waren:

- Onder Blauw licht ontstaan langere planten en blad dan onder rood licht of gemengd licht.
- Bij deze langere planten blijven de bloemen diep (iets te diep) in het blad steken, op het oogstmoment. Later groeit deze bloem weer bij, maar hij blijft dieper in het blad dan bij de andere behandelingen

- De bloemen die steeds in de kas hebben gestaan bloeiden het eerst. Ongeveer een dag later volgden de tulpen met Rood+Blauw+verrood. Weer een dag later bloeide de rest.
- Hoge intensiteit licht geeft dezelfde visuele kwaliteit planten als lage intensiteit.
- Blauw licht bij lage intensiteit geeft een wat blekere plant.
- De kwaliteit van alle behandelingen (behalve laag blauw: bleek blad en bloem te diep in blad) was zeer acceptabel. Planten waren voldoende stevig en op lengte.

Resumerend

Van tulpen die waren belicht bij rood licht (beh. 1 en 2, hoge en lage intensiteit) kwam de kwaliteit vaak overeen met de kwaliteit van de tulpen die direct in de kas (beh. 9 en 10) waren gezet. Alleen qua lengte bleven de met rood belicht tulpen achter.

De met blauw licht met 6 $\mu\text{mol/s/m}^2$ belichte planten (beh. 4) vielen het meest op. Deze hadden zwaardere en langere planten dan de tulpen die direct in de kas (beh. 9 en 10) waren gezet. Ook waren de poot en het langste blad langer en bloeiden de bloemen dieper in het blad. Blauw licht bij 11 $\mu\text{mol/s/m}^2$ vertoonde meer overeenkomsten met de tulpen uit de kas.

Planten die waren belicht met Rood+Blauw (mengsel) kwamen in de meeste metingen overeen met de kwaliteit van de tulpen uit de kas.

Er was geen effect van lage intensiteit belichten in fase 1 (beh.8) te zien. Strooilicht lijkt dus niet van invloed op de kwaliteit.

3.3 Lage lichtintensiteit en toevoeging van UV en verrood

3.3.1 Rood na blauw / blauw na rood

3.3.1.1 Lange cultivars ('Leen van der Mark' en Leo Visser)

De resultaten van deze experimenten (behandelingen 1 t/m 4) staan in tabel 13. Hierbij werd in fase 2 en 3 eerst blauw en dan rood of andersom gegeven. Deze cijfers hebben betrekking op de cultivars 'Leen van der Mark' en Leo Visser en zijn gemiddeld van 2 zetten (inhalen op 24/1 en op 5/2).

Tabel 13 Kwaliteitsaspecten (gewichten, lengtes en kasdagen) gemiddeld van de (lange) cultivars 'Leo Visser' en 'Leen van der Mark' per behandeling (lichtregime in 2^e en 3^e fase van de teelt). Het volledige behandelingschema bij de vermelde codes is te vinden in tabel 3 (Hfdst. 2.3).

Beh. Nr	Lichtrecept Code	Gewicht (g)	Plantlengte (cm)	Stevigheid g/cm	Pootlengte (cm)	Langste blad (cm)	Bloemgrootte (cm)	Bloem in Blad (cm)	Kasdagen
1	DoR6B6Ka	26.2	43.7	0.60	18.5 b	48.0	5.0	4.4 a	21.7
2	DoB6R6Ka	26.0	43.5	0.60	18.0 b	47.9	5.0	4.5 a	21.7
3	DoR6B6Ka-intv	25.3	42.8	0.59	18.1 b	47.1	5.0	4.3 a	21.7
4	DoB6R6Ka-intv	26.0	43.2	0.60	18.0 b	47.9	5.0	4.7 a	21.7
9	DoKaKaKa	26.4	42.9	0.62	16.9 a	46.3	5.1	3.4 b	21.3
10	KaKaKaKa	25.9	43.3	0.60	16.7 a	45.4	4.8	2.1 b	20.3
	l.s.d. P=0.05)	n.s.	n.s.	n.s.	0.59	(1.97)	n.s.	0.71	n.s.

Gewicht, lengte en stevigheid

De tulpen die volledig of na 5 dagen donker in de kas hadden gestaan (beh 10 en 9) hadden een vergelijkbaar gewicht en plantlengte met de tulpen die na 5 dagen donker vervolgens 10 dagen met LED werden belicht (beh 1 t/m 4). Ook de stevigheid (gewicht per cm) vertoonde geen verschillen tussen kunstmatig belichte en in de daglicht belichte planten.

Pootlengte

De pootlengte van de controlebehandelingen in de kas (beh 9 en 10) was kleiner dan van de met LED belichte planten. Daarbij was er geen verschil tussen de planten die eerst blauw en dan rood kregen en de planten waarbij die volgorde andersom was.

Langste blad

De gemiddelde lengte van het langste blad van 'Leen van der Mark' was 45,1 cm en van Leo Visser 49,1 cm. In hun reactie op het aangeboden licht in fase 2+3 waren de cultivars aan elkaar gelijk. Het langste blad van de belichte planten (beh. 1 t/m 4) vertoonde de tendens langer te zijn dan het langste blad van de controlebehandelingen die in fase 2 en 3 in de kas stonden (beh. 9 en 10).

Bloemgrootte

Qua bloemgrootte vielen er geen verschillen te melden.

Bloem in blad

De lengte waarmee het langste blad boven de bloem uitstak was verschillend voor de beide cultivars. Bij Leo Visser zat de bloem gemiddeld 6.9 cm diep en bij 'Leen van der Mark' 0,8 cm. Het effect van de belichting was net niet helemaal gelijk voor de beide cultivars (zie tabel 14). De grote lijn is echter toch, dat de bloemen die in fase 2 en 3 werden belicht dieper in het blad zaten dan bij de planten die in de kas hadden gestaan. Tussen de verschillende lichtregimes was geen verschil in reactie hierop.

Kasdagen

Het aantal dagen van inhalen tot oogst was voor Leo Visser 19,4 en voor 'Leen van der Mark' 23,4. Beide cultivars reageerden gelijk op het aangeboden lichtregime. Statistisch was er geen verschil (l.s.d. = 1,4 dag). Een verschil van 1 dag is in de praktijk echter wel relevant. Bij beide cultivars waren de tulpen die in fase 1, 2 en 3 in de kas hadden gestaan (beh. 10) ruim een dag eerder geoogst dan de met LED belichte tulpen.

Tabel 14 Bloem in blad uitgesplitst per cultivar

Beh. Nr	Lichtrecept Code	Bloem in blad (cm)	Bloem in blad (cm)
		Leo Visser	Leen vd Mark
1	DoR6B6Ka	7.7 a	1.1 d
2	DoB6R6Ka	7.9 a	1.1 d
3	DoR6B6Ka-intv	7.6 a	1.0 d
4	DoB6R6Ka-intv	7.9 a	1.5 d
9	DoKaKaKa	6.3 b	0.5 de
10	KaKaKaKa	4.3 c	0.1 e
	l.s.d. P=0.05)	1.01	

3.3.1.2 Rood na blauw / blauw na rood - Korte cultivars ('Hermitage' en 'Rococo')

De resultaten van de waarnemingen van deze proef staan in tabel 15. De cijfers zijn het gemiddelde van de metingen van de cultivars 'Hermitage' en 'Rococo'.

Tabel 15 Kwaliteitsaspecten (gewichten, lengtes en kasdagen) gemiddeld van de (korte) cultivars 'Hermitage' en 'Rococo' per behandeling (lichtregime in 2^e en 3^e fase van de teelt). Het behandelingschema bij de vermelde codes is te vinden in tabel 3 (Hfdst. 2.3).

Beh. Nr	Lichtrecept Code	Gewicht (g)	Plantlengte (cm)	Stevigheid g/cm	Pootlengte (cm)	Langste blad (cm)	Bloemgrootte (cm)	Bloem in Blad (cm)	Kasdagen
1	DoR6B6Ka	25.3	32.4 b	0.78	12.3 c	34.5 b	5.9	2.1 ab	24.5
2	DoB6R6Ka	25.7	33.6 c	0.77	13.0 d	35.6 c	5.9	2.0 ab	24.0
3	DoR6B6Ka-intv	27.4	32.6 b	0.84	12.5 c	34.8 bc	5.9	2.2 ab	24.5
4	DoB6R6Ka-intv	25.1	32.8 bc	0.77	13.0 d	35.5 c	5.8	2.6 a	24.0
9	DoKaKaKa	25.9	32.3 b	0.81	11.3 b	34.1 b	5.8	1.9 b	23.0
10	KaKaKaKa	23.1	31.3 a	0.74	10.4 a	32.0 a	5.8	0.7 c	22.0
	l.s.d. P=0.05)	n.s.	0.84	n.s.	0.43	0.93	n.s.	0.7	n.s.

Gewicht en stevigheid

Gewicht en stevigheid (gewicht per cm) verschilden statistisch niet van elkaar. Het kleinst benodigde verschil (l.s.d.) met deze meetgegevens was 3,6 gram. De bloemen die vanaf inhalen in de kas stonden (beh. 10) waren toch nog minimaal 2 gram lichter dan de bloemen van de andere behandeling. Het feit dat ze eerder oogstrijp waren is hier debet aan. Planten die er langer over doen worden in de regel altijd zwaarder.

Plantlengte, pootlengte, langste blad

Bij de lengte van zowel de hele plant, de poot als het langste blad viel op dat bij de behandelingen die starten met blauw in fase 2 (beh. 2 en 4) de grootste plantlengte veroorzaakten. De lengteverschillen waren bij deze korte cultivars duidelijk aanwezig, terwijl dat bij de lange cultivars (vorige paragraaf) niet het geval was. Het effect lijkt het best te verklaren door een verschil in lengtegroei van de poot tijdens de belichting in de 2^e fase. Het verschil tussen kortste en langste poot was 2,6 cm en tussen kortste en langste plant was 2,3 cm.

Bloem in blad

De belichte tulpen (beh. 1 t/m 4) bloeiden dieper in het blad dan de behandeling die vanaf inhalen steeds in de kas had gestaan (beh. 10). De controlebehandeling 9 zat daar tussenin.

Kasdagen

Het aantal kasdagen per behandeling verschilde statistisch niet van elkaar (l.s.d. = 2.7 dagen). De verschillen waren vanuit praktijk-oogpunt toch nog wel behoorlijk groot; 22 tot 23 kasdagen voor de controles (beh. 9 en 10) en 2 dagen langer voor de belichte tulpen.

Waarnemingen bij de uitbloei

Houdbaarheid

Van 3 cultivars ('Hermitage', 'Leen van der Mark' en 'Leo Visser') werden bloemen op de vaas gezet voor het bepalen van de houdbaarheid. Dit is gedaan met tulpen uit de behandelingen 1 t/m 4, 9 en 10. De houdbaarheid van al deze bloemen was 6 tot 7 dagen, ongeacht de cultivar en de behandeling.

Doorgroei op de vaas

Het doorgroeien op de vaas was, gemiddeld van 3 cultivars, 11,5 cm (zie ook tabel 16). Behandeling 2 (eerst blauw, dan rood) en 9 (na fase 1 in de kas) groeiden het minst door. De andere behandelingen waren iets verder doorgegroei. De verschillen lijken niet iets te maken te hebben met de behandelingen.

Bladgroen

De tulpen die eerst met LED werden belicht (beh. 1 t/m4) en daarna nog ca. 5 dagen in de kas hebben gestaan hebben gelijke waarden voor de hoeveelheid bladgroen als de tulpen die langer in de kas hebben gestaan.

Op basis van de waarnemingen houdbaarheid, doorgroei en bladgroen kan worden gesteld dat de belichte tulpen eenzelfde kwaliteit hebben als de tulpen die in de kas werden gebroeid.

Tabel 16 Doorgroei op de vaas in cm en bladgroenwaarde per behandeling, gemiddeld van de cultivars 'Hermitage', 'Leen van der Mark' en 'Leo Visser'.

Beh. Nr	Lichtrecept Code	Doorgroei (cm)	Bladgroen
1	DoR6B6Ka	12.5 c	31.5
2	DoB6R6Ka	10.7 ab	31.0
3	DoR6B6Ka-intv	11.5 bc	30.3
4	DoB6R6Ka-intv	12.3 c	31.1
9	DoKaKaKa	10.3 a	33.3
10	KaKaKaKa	11.5 bc	30.5
	I.s.d. (P=0.05)	1.02	n.s.

Samenvatting rood na blauw / blauw na rood

Bij de lange cultivars waren er alleen merkbare verschillen tussen met en zonder met LED belichte planten bij pootlengte en bloem in blad. Lage lichtintensiteit rood na blauw en blauw na rood gaf steeds een grotere pootlengte dan de tulpen van de controlebehandelingen (9 en 10) in de kas. Dit was ook het geval bij de korte cultivars, maar hier was ook een klein verschil in pootlengte als gevolg van de volgorde. Bij de korte cultivars gaf eerst rood een kleinere pootlengte dan eerst blauw. Bij bloem in blad was er geen effect van de volgorde van rood en blauw.

Het belichten bij $6 \mu\text{mol/s/m}^2$ bij constant aan t.o.v. aan/uit schakelen gaf gelijkwaardige resultaten. De lichtsom was hier bepalend voor de kwaliteit en niet de lichtsterkte.

3.3.2 Rood of blauw met toevoeging van Verrood en UV

De verschillen tussen de behandelingen met UV licht en verrood licht waren visueel het best waarneembaar. Dit is te zien in de fotoseries per cultivar hieronder.

3.3.2.1 Lange cultivars ('Leen van der Mark' en 'Leo Visser')



A 'Leen van der Mark', Rood+UV



B 'Leen van der Mark', Rood+verrood



C 'Leen van der Mark', Blauw+UV



D 'Leen van der Mark', Blauw+verrood

Foto 1A t/m D. 'Leen van der Mark', 1 dag na overzetten van de LED belichting naar de kas. Rood + UV (A) gaf de kortste planten met het donkerste blad, Lange poten en lang blad ontstonden vooral door blauw licht (foto C en D). Onder blauw + verrood werd het blad iets slapper (D).



A 'Leo Visser', Rood+UV



B 'Leo Visser', Rood+verrood



C 'Leo Visser', Blauw+UV



D 'Leo Visser', Blauw+verrood

Foto 2A t/m D. 'Leo Visser', 1 dag na overzetten van de LED belichting naar de kas. Rood + UV (A) gaf ook hier de kortste planten met het donkerste blad. Lange poten en lang blad ontstonden vooral door blauw licht (foto C en D). 'Leo Visser' onder blauw of rood + UV (A en C) kreeg wat meer blauwgroen blad dan bij de behandelingen met verrood (B en D). Onder blauw + verrood werd het blad iets slapper (D).

Bespreking van de meetresultaten van de lange cultivars (tabel 17)

Gewicht, lengte en stevigheid

Het gemiddelde gewicht en de stevigheid (gewicht per cm) verschilden niet als gevolg van de toegepaste behandelingen. Wat betreft de lengte gaf rood licht +UV (beh. 6) gaf de kortste planten. Dit was vergelijkbaar kort met de planten van de beide controlebehandelingen (9 en 10) die direct of na de 1^e fase donker in de kas hadden gestaan. De langste planten ontstonden onder blauw licht + UV (beh. 8). Statistisch is er veel overlapping van plantlengtes van de verschillende behandelingen.

Pootlengte

Iets duidelijker waren de verschillen in pootlengte. Ook hier gaven rood + UV en de controlebehandelingen de kortste lengte en was blauw + UV het langst.

Langste blad

Versillen in de lengte van het langste blad waren er tussen enerzijds de controlebehandelingen (korter blad) en anderzijds de belichte behandelingen (langer blad). Behandeling 6, rood + UV, was de uitzondering.

Bloem in blad

Het diepst in het blad (4,9 cm) zaten de tulpen met het langste blad, bij de behandeling 6, blauw + UV. De tulpen die volledig in de kas waren gegroeid (beh. 10) en behandeling 6, rood + UV gaven een plant met de minst diepe bloem.

Bloemgrootte en kasdagen

Er zijn geen opmerkingen over verschillen bij deze meetwaarden.

Tabel 17. Kwaliteitsaspecten (gewichten, lengtes en kasdagen) gemiddeld van de (lange) cultivars 'Leo Visser' en 'Leen van der Mark' na een lichtregime in 2^e en 3^e fase, waarbij UV licht en verrood licht was toegepast. Het volledige behandelingschema bij de vermelde codes is te vinden in tabel 3 (Hfdst. 2.3).

Beh. Nr	Code	Gewicht (g)	Plantlengte (cm)	Stevigheid g/cm	Pootlengte (cm)	Langste blad (cm)	Bloemgrootte (cm)	Bloem in blad (cm)	Kasdagen
5	DoR6R6Ka-VR	27.0	44.5 bc	0.61	18.5 b	48.8 b	5.0	4.3 ab	22.2
6	DoR6R6Ka-UV	24.7	42.1 a	0.59	16.6 a	45.1 a	4.9	2.9 de	21.7
7	DoB6B6Ka-VR	26.6	44.6 bc	0.60	18.9 b	48.6 b	4.9	3.9 bc	21.7
8	DoB6B6Ka-UV	26.6	45.0 c	0.59	20.0 c	49.9 b	5.0	4.9 a	21.7
9	DoKaKaKa	26.4	42.9 ab	0.62	16.9 a	46.3 a	5.1	3.4 cd	21.3
10	KaKaKaKa	25.9	43.3 abc	0.60	16.7 a	45.4 a	4.8	2.1 e	20.3
	l.s.d. (P=0.05)	n.s.	1.9	n.s.	0.79	1.9	n.s.	0.85	n.s.

3.3.2.2 Verrood en UV – Korte cultivars ('Hermitage' en 'Rococo')



A 'Hermitage', Rood+UV



B 'Hermitage', Rood+verrood



C 'Hermitage', Blauw+UV



D 'Hermitage', Blauw+ verrood

Foto 3A t/m D. 'Hermitage' 1 dag na overzetten van de LED belichting naar de kas. Elke licht-combinatie gaf een ander type plant te zien. De verschillen in bladkleur werden kleiner in de periode tot aan de oogst. In foto A is te zien dat de bladeren duidelijk meer blauwgroen van kleur, meer gespreid en de planten korter waren. Een ander opvallend feit is het verschil in pootlengte. Tulpen die onder blauw licht (C en D) hebben gestaan hebben een grotere pootlengte dan tulpen die onder rood hebben gestaan (A en B). De roodverkleuring van het binnenblad bij de behandelingen blauw + UV verdween na een paar dagen in de kas weer grotendeels.

Bij de behandeling Blauw + UV (foto C) waren de bladeren het minst gespreid.



A 'Rococo' , Rood+UV



B 'Rococo' , Rood+ verrood



C Rococo, Blauw+UV



D Rococo, Blauw+ verrood

Foto 4A t/m D. Rococo, 1 dag na overzetten van de LED belichting naar de kas.
 De combinaties met UV (foto A en C laten meer roodkleuring zien. Dit maakt dat het blad meer blauwgroen van kleur is dan de combinaties met verrood. Rood + UV (foto A) had de kleinste pootlengte, Blauw + UV de grootste (foto C). Ook qua bladspreiding waren er grote verschillen. De foto's C, A, B en D vertonen in die volgorde een oplopende mate van spreiding. In de laatste is er zelfs slap, omklappend blad zichtbaar.

Bespreking van de meetresultaten van de korte cultivars (tabel 18)

Gewicht

De behandelingen met verrood (5 en 7) gaven zwaardere planten evenals blauw + UV (8) en de controle die eerst donker had gestaan en daarna in de kas (9).

Stevigheid

Er waren verschillen in stevigheid gemeten, maar de absolute verschillen zijn vrij klein en daarom niet van praktische betekenis.

Lengte (poot en plant, Langste blad)

Pootlengte en plantlengte vertonen nagenoeg dezelfde reactie op de behandelingen. Volledig in de kas en rood + UV gaven de kleinste lengte. Verrood-behandelingen met zowel blauw als rood licht en blauw + UV gaven grotere planten en pootlengte.

De lengte van het langste blad vertoont ook dezelfde reactie. Verrood en Blauw + UV het langst en kas (controle 9 en 10) het kortste, evenals rood + UV (zie ook de foto's hierboven).

Bloem in blad en bloemgrootte

Er zijn geen opmerkingen over verschillen betreffende bloem in blad en bloemgrootte.

Kasdagen

In de kas werd (beh 9 en 10) het eerst geoogst, gevolgd door de behandelingen met verrood (5 en 7). Als laatste (2,5 dag na de eerste) werden de behandelingen met UV geoogst.

Tabel 18. Kwaliteitsaspecten (gewichten, lengtes en kasdagen) gemiddeld van de korte cultivars 'Hermitage' en 'Rococo' na een lichtregime in 2^e en 3^e fase, waarbij UV licht en verrood licht was toegepast. Het volledige behandelingschema bij de vermelde codes is te vinden in tabel 3 (Hfdst. 2.3).

Beh. Nr	Code	Gewicht (g)	Plantlengte (cm)	Stevigheid g/cm	Pootlengte (cm)	Langste blad (cm)	Bloemgrootte (cm)	Bloem in blad (cm)	Kasdagen
5	DoR6R6Ka-VR	26.8 b	33.7 c	0.79 cd	12.5 c	36.1 c	5.8	2.4	23.5 b
6	DoR6R6Ka-UV	23.8 a	31.4 a	0.76 ab	11.0 ab	32.6 a	5.8	1.2	24.5 c
7	DoB6B6Ka-VR	26.9 b	35.4 d	0.76 ab	13.3 d	36.7 c	5.8	1.4	23.5 b
8	DoB6B6Ka-UV	26.0 b	33.7 c	0.77 bc	14.0 e	36.3 c	5.8	2.7	24.5 c
9	DoKaKaKa	25.9 b	32.3 b	0.80 d	11.3 b	34.1 b	5.8	1.9	23.0 b
10	KaKaKaKa	23.1 a	31.3 a	0.74 a	10.4 a	32.0 a	5.8	0.7	22.0 a
	I.s.d. (P=0.05)	1.04	0.52	0.031	0.70	0.93	n.s.	n.s.	0.94

Samenvatting van de effecten van UV en verrood

Ten opzichte van de controlebehandelingen 9 en 10 (kas) gaf rood+UV vaak een vergelijkbaar effect op lengte en gewicht. In de foto's waren dat ook steeds de kortste planten.

De andere behandelingen (rood+verrood, blauw+verrood en blauw+UV) hadden vaak een hoger gewicht, langere planten, een langere poot en langer blad dan de controlebehandelingen. Dit was het geval bij zowel lange als korte cultivars. Bij de korte cultivars waren er ook weer verschillen tussen deze 3 lichtrecepten. Plant en pootlengte waren bij Rococo en Hermitage het grootst bij de behandeling blauw+verrood.

Bij de korte cultivars was er ook al meer lengte (plant, poot en blad) en een hoger gewicht te zien bij de planten die eerst in het donker hadden gestaan (beh.9) t.o.v. direct in de kas (beh. 10).

4 Discussie

Veel onderzoek naar belichting met energiezuinige LEDs wordt uitgevoerd met gewassen die vruchten of bloemen produceren en waarbij fotosynthese een rol speelt. In de plant worden koolhydraten gevormd uit koolzuurgas met behulp van energie uit licht. We spreken in dat geval van groeilicht. Het benodigde lichtniveau is daarbij hoog: 100 tot 145 $\mu\text{mol/s/m}^2$. Bij tulpen zijn de voor groei benodigde energie en bouwstenen reeds aanwezig in de bol, is de bloem al volledig in de bol aangelegd aanwezig en vindt er nog hoofdzakelijk strekking plaats. Hierbij is een laag lichtniveau 10 tot 30 $\mu\text{mol/s/m}^2$ voldoende. Het licht (stuurlicht) is daarbij vooral nodig om de planten op kleur te laten komen en voor een goede opbouw.

Bij het vergelijken van resultaten van onderzoek met stuurlicht in tulp lijken de uitslagen niet altijd op één lijn te liggen. Navraag naar de toegepaste methode leverde dan echter vaak op dat de gebruikte lampen en omstandigheden niet altijd vergelijkbaar waren. Zo weten we bijvoorbeeld inmiddels dat blauw en rood TL-licht ten opzichte van blauw en rood LED-licht bijna tegengestelde effecten hebben op plantlengte en spreiding van het blad. TL licht heeft een breder lightspectrum, waarbij naast bijvoorbeeld blauw ook nog een hoeveelheid groen geel en rood wordt gegeven. Bij LED-licht is het spectrum smal en wordt er naast blauw geen andere kleur uitgestraald. Bovendien geven andere lichtbronnen dan LED bij de lichtbron meer warmte af.

In de experimenten van dit onderzoek is steeds belicht in donkere ruimtes, zodat geen ander licht de resultaten kon beïnvloeden. In de praktijk in een meerlagensysteem in de kas is er naast de verlichting overdag ook altijd (strooilicht van) daglicht aanwezig. Daardoor wordt het effect van een lichtkleur afgezwakt.

Wat de reactie van de tulpen op stuurlicht betreft zijn een aantal effecten duidelijk aan te geven. Blauw LED-licht bijvoorbeeld, veroorzaakt meer strekking. Afhankelijk van de fase waarin dit blauwe licht wordt gegeven is er soms een effect op de pootlengte, soms op de bladlengte en soms op beide. Onder blauw LED-licht ontstaan dan de zwaarste tulpen, maar dat is niet altijd een voordeel. In voorgaand onderzoek werden cultivars als Strong Gold en Cilesta daardoor te zwaar en was dat negatief voor de presentatie in veilstadium van deze tulpen. Door het langere blad blijft ook de bloem soms diep in het blad staan, wat ook geen voordeel is.

Bij korte cultivars echter, is het juist wel interessant om meer lengte te krijgen. Dat lukt dan helaas maar ten dele. Het blijkt namelijk dat de eigenschap van deze soorten (Prinses Irene, Rococo, Hermitage, etc) om korte planten te maken, sterk is. Korte soorten laten zich niet zomaar lang maken met blauw licht.

UV licht veroorzaakte een spectaculair verschil in het uiterlijk van de planten. Dit is onder ander te zien op de foto's 1 t/m 4. De bladkleur wordt vooral roder bij cultivars die van nature meer rood pigment in het blad hebben. Zonlicht bevat voor een deel UV licht die (naast lagere temperatuur) ook verantwoordelijk is voor het zichtbaar worden van de rode pigmenten in het blad. In een kas met een glasdek is geen UV licht daar dit door het glas wordt tegengehouden. Van toevoeging van UV-(A) licht met lampen in een kas mag je dus wel een effect verwachten. In de proef was dit op spectaculaire wijze zichtbaar. Zie ook de voetnoot.¹

Tulpen zouden ook volledig onder LED kunnen worden gebroeid. In dit onderzoek (§3.1) leidde dit niet tot een goed resultaat, maar door te werken met een iets hoger lichtniveau en rekening houdend met het sortiment moet er meer mogelijk zijn. Onder volledig LED-licht wordt het mogelijk noodzakelijk om ook wat groen of geel licht toe te voegen aan het spectrum van rood en blauw. Voor de mensen is werken bij rood, blauw licht of mengsels daarvan niet prettig voor de ogen. Het valt bovendien niet mee om de rijpheid van de bloemen te zien bij die kleuren. Als alternatief kan ook worden gedacht aan het aanbrengen van aparte

¹ *Het gebruikte UV licht in deze proeven is van het type uv A met een golflengte tussen ca. 315 en 400 nm. Deze straling is het minst gevaarlijk voor de mens, maar hierover is het laatste woord nog niet gezegd. Veiligheidshalve moet ook blootstelling aan uv A worden vermeden. De niet officiële norm is maximaal 1 uur per dag op zeer korte afstand van het lichaam (≤ 30 cm). Verder dan 30 cm, of bij lampen achter een laag glas is de blootstelling heel erg laag en daardoor onschadelijk.*

oogstverlichting. Uit eigen ervaring weten we dat een kleine hoeveelheid wit TL al een groot verschil maakt voor de zichtbaarheid van kleuren. Oogsten in een ruimte met daglicht of een andere (witte) lichtbron is tenslotte, ook een alternatief.

Bij de korte cultivars in deze proeven werd verschil in pootlengte geconstateerd bij de behandelingen die starten met blauw na de donkerfase. Ook bleek dat de pootlengteverschillen het meest bepalend zijn voor de uiteindelijke plantlengte. Deze resultaten lijken een aanwijzing om de gewenste extra plantlengte te krijgen bij de korte cultivars. De juiste timing van de juiste lichtkleur is de cruciale onderzoeksvraag hierbij. In de cultivar Seadov werd licht tot matig bladkiep geconstateerd. In eerder onderzoek is ook al eens een toename van bladkiep gezien. Er zal naar moeten worden gestreefd de verdamping van de planten in een vroeg stadium op gang te krijgen. De effecten m.b.t. lichtkleur die daarbij bruikbaar lijken zijn:

- Blauw licht: want hierbij openen huidmondjes beter;
- Rood licht: hierbij spreidt het blad eerder dan bij blauw;
- Geen verrood: dit bevordert het sluiten van huidmondjes;
- Infrarood: Hiermee wordt de bladtemperatuur verhoogd en daarmee de verdamping.

Het is de vraag of deze toepassingen voldoende effectief zullen zijn en elkaar niet teveel tegenwerken.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Algemeen

Het hierboven beschreven onderzoek is geënt op de huidige trend in meerlagenbroei, nl. een 3 laag-systeem in de kas, waarbij de tulpen eerst ongeveer een week in het donker staan, vervolgens een week onder kunstlicht en tenslotte een week onder daglicht (bovenste laag in de kas).

- Tulpen die deels onder LED worden geteeld zijn van goede kwaliteit en vergelijkbaar met tulpen die in de kas volledig onder daglicht in bloei werden getrokken (paragraaf 3.1 en 3.2).

Deze tulpen hebben een vergelijkbaar gewicht, stevigheid en bloemgrootte. De presentatie van de in dit systeem geproduceerde bossen tulpen is gelijkwaardig aan tulpen die volledig in de kas dan wel 1/3 deel donker + kas hebben gestaan.

Ten aanzien van blauw en rood bij hoge en lage intensiteit

- Tulpen die (in de 2^e fase) onder alleen **blauwe** LED werden belicht hebben vaak een langere poot- en plantlengte. Ook is het langste blad langer waardoor de bloem dieper in het blad zit.
- Tulpen belicht met 25 of 12 $\mu\text{mol/s/m}^2$ (**blauw**) waren vergelijkbaar met elkaar en tulpen uit de kas (§3.1 en §3.2). Bij 6 $\mu\text{mol/s/m}^2$ **blauw** licht (§3.2) worden deze tulpen zwaarder en langer en bloeien ze dieper in het blad dan tulpen uit de kas.
- Tulpen belicht bij 6 $\mu\text{mol/s/m}^2$ **blauw** wijken sterk af van 11 $\mu\text{mol/s/m}^2$ blauw. De planten strekken sterker door en zijn daardoor langer, zwaarder en bleker.
- Belichting met **rode** LED levert in vergelijking met de kas een vergelijkbare kwaliteit tulpen w.b. pootlengte, langste blad bloem in blad, bloemgrootte en gewicht.
- De met **rood** belichte tulpen hebben een vergelijkbare lengte of zijn korter dan de tulpen uit de kas.
- Lage intensiteit **rood** geeft in lichte mate een minder stevige tulpen met een kortere poot. Voor de overige kwaliteitskenmerken komen lage en hoge intensiteit **rood** licht overeen (§3.1 en §3.2).
- Tulpen die in de 2^e fase met **rood + blauw** werden belicht komen in kwaliteit (lengtes en gewicht) overeen met tulpen uit de kas.
- Tulpen die ook in fase 3 werden belicht met **rood + blauw** (paragraaf 3.1) waren lichter, korter, minder stevig en hadden een langere trekduur dan tulpen uit de kas.

Ten aanzien van 'rood na blauw' of 'blauw na rood' (§3.3)

Het betrof hier een systeem waarin tulpen $\frac{1}{4}$ deel van de totale trekduur donker staan, daarna $\frac{2}{4}$ deel onder LED (zonder andere lichtbron) en in de eindfase ($\frac{1}{4}$ deel van de trekduur) in de kas worden gebroeid.

- De volgorde van blauw en rood maakt geen verschil bij lange cultivars. Bij korte cultivars ontstaat bij behandelingen die starten met blauw een iets langere poot dan bij behandelingen die starten met rood (0,5 tot 0,7 cm) en is er ook een neiging naar een grotere plantlengte en lengte van het langste blad.
- Het belichten met 6 $\mu\text{mol/s/m}^2$ bij constant aan of aan/uit schakelen geeft gelijkwaardige resultaten.

Ten aanzien van de effecten van UV en verrood (§3.4)

- De geteste (4) combinaties van rood en blauw met UV of verrood leveren per combinatie een visueel spectaculair andere plant op. De ontstane verschillen betreffen pootlengte, plantlengte, bladkleur en bladstand.
- Ten opzichte van de controlebehandelingen in de kas gaf rood + UV vaak een vergelijkbaar effect op lengte en gewicht.
- Belichten met rood + verrood, blauw + verrood en blauw + UV had vaak een hoger gewicht, langere planten, een langere poot en langer blad dan de controlebehandelingen, bij zowel bij lange als korte cultivars tot gevolg.
- Belichten met blauw + verrood geeft langere planten (3 à 4 cm) en pootlengte bij de korte cultivars (Rococo en Hermitage).
- Onder alleen blauw licht of onder blauw + UV blijft het blad het meest rond de steel staan ('kokeren'). Als rood licht wordt gebruikt (rood + UV, rood + verrood en blauw + verrood) is dit effect meteen minder. Het spreiden of 'kokeren' toont per cultivar anders.

5.2 Aanbevelingen

Praktijkadvies

Samen met eerder uitgevoerd onderzoek begint er zich een lichtrecept voor tulp af te tekenen. In een systeem met donker + belichting + daglicht kunnen tulpen van goede kwaliteit worden geproduceerd. De ingrediënten zijn:

- Planten in de eerste fase van de teelt maximaal 1/3 deel van de trekduur in het donker zetten. Zodra de poot krom gaat is belichten (minimaal 1 min. per 30 min.) of overzetten naar het belichte deel / laag in de kas nodig.
- Een mengsel van rood en blauwe LEDs (verhouding 50/50 of 30/70) kan gelden als algemeen advies.
- Bij cultivars die niet al te lang of zwaar worden of en redelijk recht opgaand blad geven kan het aandeel blauw hoger worden. Dit geeft langere planten en langer blad.
- Cultivars die juist erg zwaar worden kunnen beter met meer rood licht worden belicht, waardoor ze korter blijven.
- Toevoegen van UV maakt planten steviger, korter en groener. Met deze lichtkleur moet nog verder onderzoek worden gedaan.
- Toepassing van verrood vraagt ook meer onderzoek, maar deze kleur is interessant voor het langer krijgen van korte soorten.
- Een lichtniveau van 10 á 12 $\mu\text{mol/s/m}^2$ lijkt voldoende. Bij zwaardere installaties kan aan en uit worden geschakeld. Overleg dit wel met de installateur, want het is voor de levensduur van de apparatuur niet altijd de beste oplossing.

Aanbevelingen voor verder onderzoek

Voor verder onderzoek kan worden gedacht aan:

- Bepalen van de stuurlichteffecten in praktijksituaties, waarbij naast het LED-licht ook daglicht aanwezig is;
- Bepalen van de effecten van UV en verrood bij energiezuinig gebruik ervan (minimale behoefte die nodig is nodig voor het beoogde effect);
- Fine-tuning van licht effecten teneinde meer pootlengte te krijgen bij korte cultivars;
- Kan de verdamping worden gestimuleerd onder LED-licht ter voorkoming van blad- en stengelkiep? Hoe groot is het effect op de verdamping van rood, blauw, verrood, infrarood, etc.?

Literatuur

Boer-Tersteeg, P.M. de; Marcelis, L.F.M. (2009)

Fotoperiodisch stuurlicht : verkenning van de mogelijkheden voor toepassing van fotoperiodisch stuurlicht om de groei te stimuleren

Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw 283) - p. 30.

Gude, H. (1989)

Stuurlichtonderzoek aan bolgewassen : lampkeuze bepaalt uiterlijk plant

Bloembollencultuur, Vol. 100, no 7, p.30-31

Gude, H.; Dijkema, M.G.H.E. (1992)

Stuurlichtonderzoek aan bolgewassen : blauw licht geeft betere kwaliteit in kunstlichtbroei.

Bloembollencultuur 103 (1992) 21: p30-32

Gude, H.; Dam, M.F.N. van; Kok, C.J.; Wildschut, J. (2010)

LED-belichting tulp en Lelie : energiebesparing en plantsturing

Lisse : Praktijkonderzoek Plant & Omgeving,

Helm, F.P.M. van der (2011)

Lichtkleur en plantengroei bij stuurlicht

Maasdijk : Wageningen UR Glastuinbouw, Hand-out t.b.v. landelijke dag Freesia, 2011-11-23

Wildschut, J.; Dam, M.F.N. van; Gude, H. (2010)

LED-verlichting in de tulpenbroei

Lisse : PPO Bloembollen en Bomen, (PPO - Rapport) - p. 23.

Wildschut, J.; Putten, K. van der; Dam, M.F.N. van; Campen, J.B. (2012)

Meerlagenteelt in de praktijk

Lisse : Praktijkonderzoek Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit, - p. 33.