

Systeeminnovatie Leliebroei

Verbeterde energie-efficiëntie door perspectief op gedeeltelijke
Meerlagenteelt met LED's en door groeiduurverkorting.

Jeroen Wildschut, Henk Gude en Arie van der Lans

© 2014 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit project is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door de partijen in de Stuurgroep Schone en Zuinige Bloembollen / Meerjarenafspraken energie Bloembollen (KAVB, PT, min.EZ, RVO.nl en telers).



Projectnummer: 32 361 754 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

Adres : Prof. Van Slogterenweg 2
: Postbus 85, 2160 AB Lisse

Tel. : 0252 - 462121

Fax : 0252 - 462100

E-mail : info.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 WERKWIJZE.....	8
3 RESULTATEN	9
3.1 1 ^{ste} trek.....	9
3.2 2 ^{de} Trek	12
4 CONCLUSIES	16
5 DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN.....	17

Samenvatting

Eerder onderzoek van PPO gaf aan dat de groeiduur van lelies verkort kan worden door op een hogere temperatuur te broeien en door 24 uur per dag te belichten (daglengte effect). Te hoge temperaturen leidden echter ook tot een afname van het aantal goede knoppen per tak, en tot een lager takgewicht. Ander onderzoek gaf aan dat lelies van goede kwaliteit ook te telen zijn door ze de eerste 6 weken onder rode of blauwe LED-belichting in een cel voor te trekken. Combinaties van rood + blauw gaven vaak mindere kwaliteit lelies.

Doel van dit onderzoek is het vinden van het optimale voortrek-lichtrecept voor op hogere temperatuur gebroeide lelies die \pm 6 weken in een cel worden voorgetrokken onder LED's. Dit maakt het mogelijk om veel energie te besparen door lelies in meerlagenteelt in cellen voor te trekken.

Hiertoe zijn in twee trekken, bij 16 °C en bij 22 °C, de effecten van verschillende combinaties rode of blauwe LED's met UV-a LED's en 24 uur per dag belichting met verrood LED's op de productie van de cultivars Santander en Yellow Diamond onderzocht. Deze cultivars groeiden de eerste 5 - 6 weken onder LED's in cellen en werden daarna bij de parallel hieraan in de kas gebroeide lelies gezet.

Bij de snijrijp geogoste planten werden plantgewicht en -lengte bepaald en werden o.a. het aantal goede knoppen geteld.

De proeven lieten zien dat lelies onder hogere temperaturen eerder snijrijp zijn en hierdoor korter en lichter worden. Onder blauw licht worden lelies langer, maar niet zwaarder. UV-a aan rood + verrood toegevoegd houdt lelies iets korter. De effecten van lichtkleur hangen af van cultivar en broeitemperatuur.

De meest opvallende effecten van de verschillende LED-belichtingen waren:

- 24 uur per dag verrood verkort de groeiduur van Santander met gemiddeld een week
- En vermindert knopval bij Yellow Diamond
- Onder rode LED's, in afwezigheid van blauw of UV-a, ontwikkelen zich veel stengelwortels
- Lelieplanten groeien zeer sterk richting een UV-a lichtbron.

1 Inleiding

Uit eerder onderzoek bleek dat de groeiduur in de wintermaanden bij belichte lelies fors verkort kan worden door de kastemperatuur te verhogen van bijvoorbeeld 16 naar 20 °C. Hierdoor wordt per tak tot 20% energie bespaard omdat er minder dagen belicht hoeft te worden. Bij 24 uur per dag belichten nam de groeiduur nog verder af. Verdere verhoging van de kastemperatuur leidde echter ook tot een afname van het aantal goede knoppen per tak, en tot een lager takgewicht. Met een rekenmodel kunnen verschillende scenario's van kastemperatuur, belichtingsduur en – intensiteit worden doorberekend waarna de resulterende takkwaliteit kan worden vergeleken met de kosten per tak. Op deze wijze kan de kweker het meest gunstige scenario kiezen. Dit model kan men downloaden op:

<http://www.wageningenur.nl/nl/show/Bedrijfseconomisch-beslismodel-voor-belichting-en-kasverwarming-bij-de-liebroei.htm>

Proeven met LED-belichting (PPO, 2010) gaven aan dat het goed mogelijk is lelies de eerste 6 weken (tot de knoppen zichtbaar worden) onder rode of blauwe LED's in een cel voor te trekken. De kwaliteit is dan bij de oogst vergelijkbaar met lelies die continue in de kas hadden gestaan. Combinaties van rood + blauw gaven echter vaak mindere kwaliteit lelies en soms meer knopval.

Proeven met LED-belichting bij tulp (PPO, 2012) met behalve rode en blauwe ook ultraviolette (UV-a) en verrode LED's gaven verrassende resultaten: Toevoeging van UV-a maakte de planten steviger, korter en groener, toevoeging van verrood gaf langere, maar ook zwaardere planten.

Deze resultaten suggereren dat het mogelijk negatieve effect van hogere kastemperaturen op de kwaliteit van lelies door voortrek in een cel onder combinaties van rode of blauwe LED's met UV- en/of Verrode LED's voorkomen kan worden. Het is dan mogelijk om fors op energie te besparen door het groeiduur verkortende effect van hogere kastemperaturen, en van 24 uren belichting, door het lagere energieverbruik van LED's en door de mogelijkheid in meerlagen in cellen voor te trekken, waardoor in die periode ook het gasverbruik veel lager ligt dan in een kas.

Doel van dit onderzoeksproject is het vinden van het optimale voortrek-lichtrecept voor op hogere temperatuur gebroeide lelies die ± 6 weken in een cel, waarin geen daglicht wordt toegelaten, worden voorgetrokken alvorens in de kas te worden afgebroeid. Dit lichtrecept met LED's betreft kleur (combinaties), lichtintensiteit en belichtingsduur tijdens de voortrek in een cel, en ondersteunt verdere systeeminnovatie i.s.m. Philips en liebroeiers.

2 Werkwijze

Het onderzoek is in twee trekken uitgevoerd met de veel geteelde cultivars Santander (Oriental) en Yellow Diamond (LA). Van deze cultivars zijn 8 bollen per bak van 40 x 60 cm opgeplant en 3 weken in het donker bij 9 °C voorgetrokken. Daarna zijn per lichtbehandeling met LED's 2 bakken Santander en 1 bak Yellow Diamond in z.g. Deense karren geplaatst. De karren zijn lichtdicht afgeschermd met aluminium plastic folie en in bewaarcellen geplaatst.

Bij de eerste trek zijn bij 16 °C en bij 22 °C 4 lichtbehandelingen met LED's gegeven, bij de tweede trek 7. Parallel hieraan zijn 4 bakken Santander en 2 bakken Yellow Diamond in de kas gebroeid ook bij 16 °C en bij 22 °C en 16 uur standaard belicht met Son-T lampen. In elke Deense kar is bij de eerste trek bovenin en onderin de temperatuur gelogd, bij de 2^{de} alleen onderin. De lichtbehandelingen met rode, blauwe, verrode en UV-a LED's, en de gerealiseerde broeitemperaturen zijn samengevat in tabellen 1a en 1b.

Tabel 1 a: Gerealiseerde temperaturen, 1ste trek.

Licht*	plaats	Gemiddelde T (°C)
R	beneden	15,4
	boven	17,9
R+VR	beneden	15,6
	boven	18,0
B	beneden	-
	boven	18,0
B+VR	beneden	16,0
	boven	18,2
R	beneden	20,6
	boven	21,6
R+VR	beneden	20,9
	boven	21,8
B	beneden	21,1
	boven	21,9
B+VR	beneden	20,5
	boven	22,0

Tabel 1 b: Temperaturen, 2de trek.

Licht*	Gemiddelde T (°C)
R+VR+UV-a	15,9
R+VR	16,0
R	16,2
B+VR	16,2
B	16,0
R→B	16,1
B→R	16,0
R+VR+UV-a	20,7
R+VR	20,8
R	21,0
B+VR	21,3
B	21,1
R→B	21,8
B→R	21,7

* R = rood, B = blauw, VR = verrood. Bij de 1ste trek altijd incl. UV-a, bij de 2de trek alleen waar aangegeven.

De lichtniveaus waren ingesteld op ongeveer 30 $\mu\text{mol/s/m}^2$ voor de rode en de blauwe LED's, plus 8 $\mu\text{mol/s/m}^2$ UV-a en 2 $\mu\text{mol/s/m}^2$ voor verrood. Met verrood werd 24 uur per dag belicht, met de overige kleuren 16 uur.

Na 30 tot 35 dagen onder de LED-belichting zijn de planten in de kas gezet en geoogst wanneer ze snijrijp waren. Hierbij is het individuele plantgewicht bepaald, de lengte, het aantal goede knoppen en gevallen knoppen, het percentage slappe takken en de groeiduur. Door de kortere groeiduur van Yellow Diamond heeft deze cultivar dus relatief langer onder LED's gestaan.

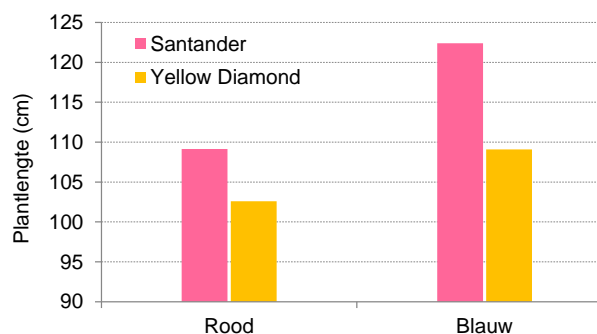
De gebruikte LED-lampen zijn ter beschikking gesteld door Philips.

3 Resultaten

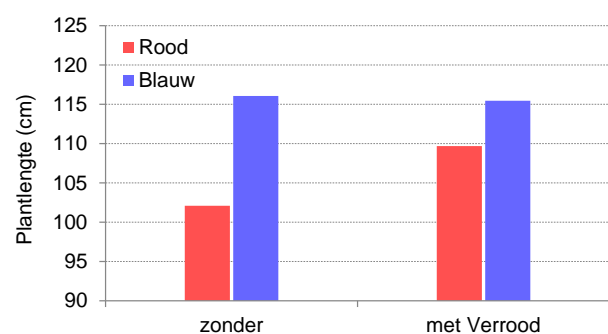
3.1 1^{ste} trek

LED-belichting

De cultivar Santander wordt langer dan de cultivar Yellow Diamond en beide cultivars worden onder blauwe + UV-a LED's langer dan onder rode + UV-a LED's, figuur 1. Wordt 24 uur per dag verrood licht toegevoegd dan geeft dat extra lengte aan de planten onder rode + UV-a LED's, maar niet aan planten onder blauwe + UV-a LED's, figuur 2. Bij een temperatuur van 16 °C worden beide cultivars iets langer (gemiddeld 6%) dan bij 22 °C.

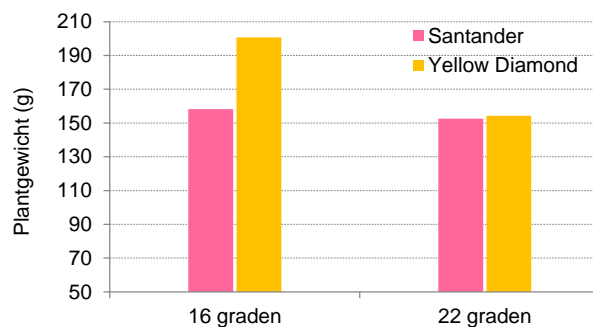


Figuur 1: Lichtkleur en plantlengte.

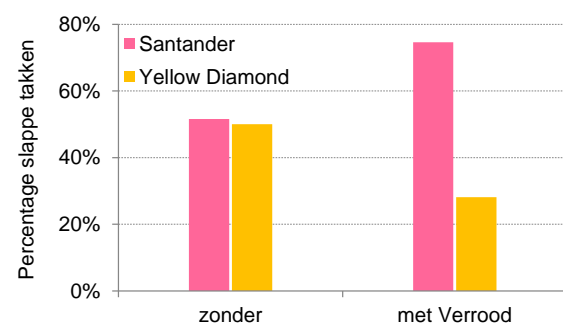


Figuur 2: Toevoeging 24 uur per dag Verrood.

Vooral bij Yellow Diamond is ook het plantgewicht bij 16 °C hoger dan bij 22 °C, figuur 3. Gemiddeld gaven rode en blauwe LED's geen verschil in plantgewicht. Bij Santander nam door toevoeging van 24 uur per dag Verrood belichting aan zowel blauw als aan rood licht het plantgewicht iets af. Bij Yellow Diamond was dat alleen bij 16 °C en aan rood licht het geval. Verrood toegevoegd aan blauw licht gaf in deze omstandigheid juist een zwaardere plant, zie ook tabel 2.



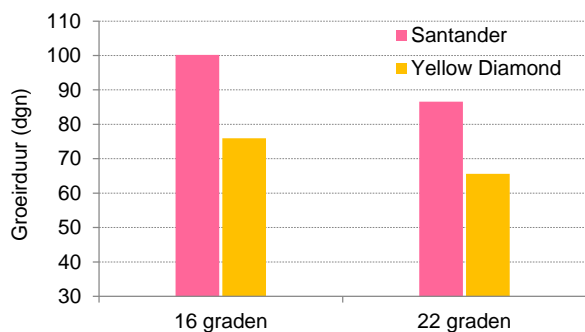
Figuur 3: Temperatuur en plantgewicht.



Figuur 4: Toevoeging 24 uur per dag Verrood

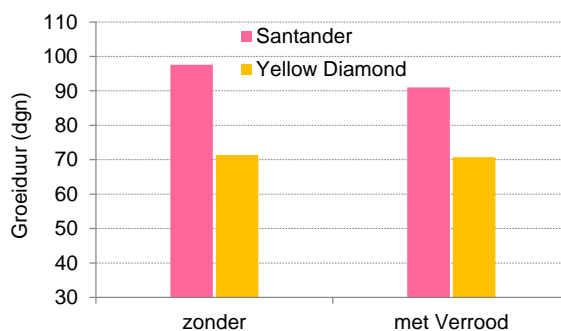
Het percentage slappe takken was gemiddeld het hoogst bij Santander en bij beide cultivars onder blauw licht. Toevoeging van 24 uur Verrood gaf bij Santander méér slappe takken, bij Yellow Diamond juist minder, zie figuur 4.

Bij beide cultivars wordt de groeiduur duidelijk verkort door een hogere temperatuur, zie figuur 5. Daarnaast is er bij Santander een opmerkelijk effect van het toevoegen van 24 uur per dag Verrood licht: de groeiduur wordt er zowel onder blauw als onder rood licht, en zowel bij 16 °C als bij 22 °C ongeveer een week mee



Figuur 5: Temperatuur en groeiduur.

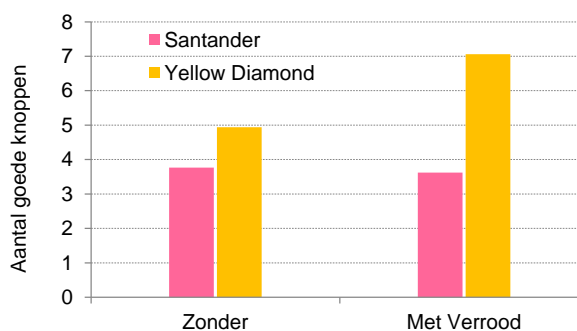
verkort, figuur 5.



Figuur 6: Toevoeging 24 uur per dag verrood.

Bij de cultivar Santander trad geen knopval op, bij Yellow Diamond wel. Bij 22 °C is bij die cultivar fors meer knopval dan bij 16 °C. Toevoeging van 24 uur per dag Verrood remde knopval.

Het aantal goede knoppen was bij Santander gemiddeld lager dan bij Yellow Diamond en werd niet door de temperatuur en de lichtbehandelingen beïnvloed. Bij Yellow Diamond nam het aantal goede knoppen toe door toevoeging van 24 uur per dag Verrood, figuur 6.



Figuur 7: Toevoeging 24 uur per dag Verrood.

LED-belichting ↔ Kas

In tabel 2 zijn voor de twee cultivars de gemiddelde waarden samengevat bij de verschillende temperaturen, de belichtingen met LED's en in de kas.

Tabel 2: Gemiddelden per behandeling.

Cultivar	Temp	Licht*	lengte <i>cm</i>	gewicht <i>g</i>	slappe takken <i>%</i>	groeiduur <i>dgn</i>	knopval <i>(per plant)</i>	goede knoppen	stevigheid <i>g/cm</i>	bolrest <i>g</i>
Santander	16	R+UV	106	159	31%	106	0,0	3,9	1,50	312
Santander	16	R+VR+UV	115	152	69%	102	0,0	3,6	1,32	281
Santander	16	B+UV	131	168	50%	102	0,0	3,7	1,28	297
Santander	16	B+VR+UV	123	154	73%	95	0,0	3,7	1,25	262
Santander	16	Kas	101	159	41%	96	0,0	3,9	1,57	301
Santander	22	R+UV	104	161	25%	92	0,0	3,9	1,54	282
Santander	22	R+VR+UV	111	146	75%	84	0,0	3,5	1,32	320
Santander	22	B+UV	118	157	100%	90	0,0	3,6	1,33	292
Santander	22	B+VR+UV	117	146	81%	83	0,0	3,7	1,25	309
Santander	22	Kas	95	156	6%	84	0,0	3,7	1,64	310
Yellow Diamond	16	R+UV	105	216	25%	76	1,0	7,9	2,06	140
Yellow Diamond	16	R+VR+UV	108	199	25%	77	0,3	8,9	1,84	162
Yellow Diamond	16	B+UV	107	176	63%	77	2,3	6,1	1,65	158
Yellow Diamond	16	B+VR+UV	116	212	38%	75	0,0	10,0	1,83	142
Yellow Diamond	16	Kas	103	221	0%	75	0,2	9,0	2,15	145
Yellow Diamond	22	R+UV	93	152	38%	67	8,1	1,8	1,63	143
Yellow Diamond	22	R+VR+UV	104	156	13%	64	3,1	5,1	1,50	161
Yellow Diamond	22	B+UV	108	152	75%	65	5,3	4,0	1,41	117
Yellow Diamond	22	B+VR+UV	106	156	38%	67	5,3	4,3	1,48	162
Yellow Diamond	22	Kas	91	193	0%	65	2,2	7,2	2,12	119

*R = rood, B = blauw, VR = verrood, UV = UV-a.
© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

In de kas waren de planten iets korter, vooral Santander. Belichten met rood licht + UV-a benadert de lengte in de kas het meest. Het plantgewicht van Santander is bij LED-verlichting van dezelfde orde als in de kas, maar Yellow Diamond verliest, vooral bij 22 °C, onder LED's aan gewicht.

Het percentage slappe takken was in de kas lager dan onder LED's in de cel, vooral bij Yellow Diamond. In de kas is kreeg deze cultivar geen slappe takken. Voor Santander was het percentage slappe takken in de kas 41% bij 16 °C en 6 % bij 22 °C. Santander onder rode LED's kreeg 31% slappe takken.

De groeiduur is voor Yellow Diamond in de kas en onder LED's gelijk, maar bij Santander onder LED's iets langer. Wanneer 24 uur per dag verrood wordt toegevoegd is ook bij Santander de groeiduur onder LED's gelijk aan die in de kas.

Het aantal goede knoppen per plant is voor Santander in de kas gelijk aan onder LED's. Bij Yellow Diamond is in de kas bij 22 °C fors minder knopval en dus het aantal goede knoppen hoger dan onder LED's. Bij 16 °C is er onder LED's met 24 uur per dag verrood toegevoegd even weinig knopval als in de kas.

Bij de oogst is ook het gewicht van de overblijvende bollen bepaald (zie ook tabel 2). Bij het opplanten wogen 8 bollen Santander 680 – 700 gram, bij de oogst gemiddeld 296 gram. De 8 Yellow Diamond bollen wogen 660 – 680 gram en bij de oogst 145 gram. LED-belichting en temperatuur hadden hierop geen effect. Overblijvend bolgewicht was ook niet aan een andere parameter gecorreleerd, tabel 3.

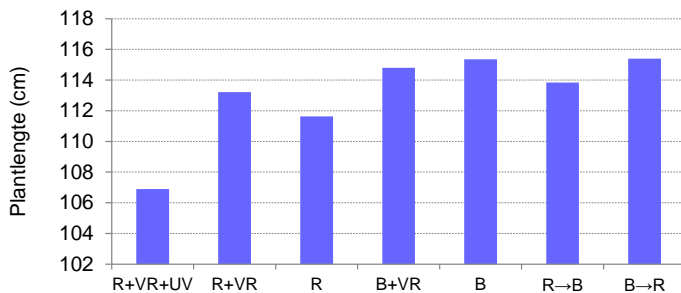
Tabel 3: Correlatiecoëfficiënten (C) en significantie (p).

		gewicht	slappe takken	groeiduur	Knopval	goede knoppen	stevigheid	bolrest
Santander								
lengte	C	0,101	0,658	0,279		-0,458	-0,902	-0,388
	p	0,781	0,039	0,435		0,183	0,000	0,268
gewicht	C		-0,463	0,614		0,539	0,332	-0,225
	p		0,178	0,059		0,108	0,348	0,531
slappe takken	C			-0,148		-0,628	-0,839	-0,197
	p			0,684		0,052	0,002	0,585
groeiduur	C					0,405	-0,024	-0,318
	p					0,246	0,948	0,371
Knopval	C							
	p							
goede knoppen	C						0,654	-0,054
	p						0,040	0,883
stevigheid	C							0,268
	p							0,453
Yellow Diamond								
lengte	C	0,213	0,439	0,498	-0,446	0,439	-0,259	0,326
	p	0,555	0,204	0,143	0,196	0,204	0,470	0,358
gewicht	C		-0,493	0,732	-0,874	0,915	0,887	-0,069
	p		0,148	0,016	0,001	0,000	0,001	0,850
slappe takken	C			0,021	0,408	-0,415	-0,691	-0,083
	p			0,955	0,242	0,233	0,027	0,819
groeiduur	C				-0,693	0,687	0,474	0,349
	p				0,026	0,028	0,166	0,323
Knopval	C					-0,977	-0,664	-0,123
	p					0,000	0,036	0,734
goede knoppen	C						0,707	0,048
	p						0,022	0,894
stevigheid	C							-0,245
	p							0,496

3.2 2^{de} Trek

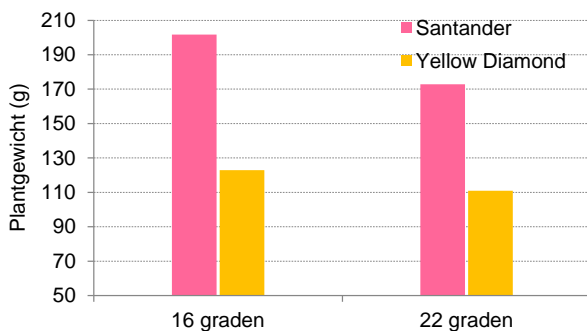
LED-belichting

Net als bij de eerste trek werden de planten van de cultivar Santander gemiddeld langer dan die van Yellow Diamond en gaf ook de broei bij 16 °C langere planten dan bij 22 °C. De verschillen in lengte bij de verschillende LED-belichtingen waren echter erg klein, met uitzondering van de belichting met rood + verrood waar UV-a aan toegevoegd was: deze planten waren iets korter dan de rest, figuur 8.

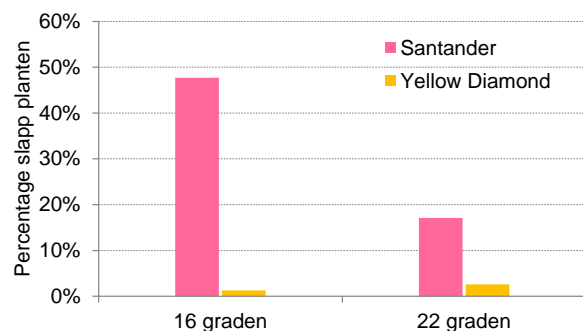


Figuur 8: Plantlengte en Lichtkleuren

Het plantgewicht was van Santander hoger dan van Yellow Diamond en beide cultivars waren bij 22 °C lichter dan bij 16 °C. De LED-belichtingen gaven geen verschillen in plantgewicht, zie ook tabel 4.



Figuur 9: Temperatuur en plantgewicht.

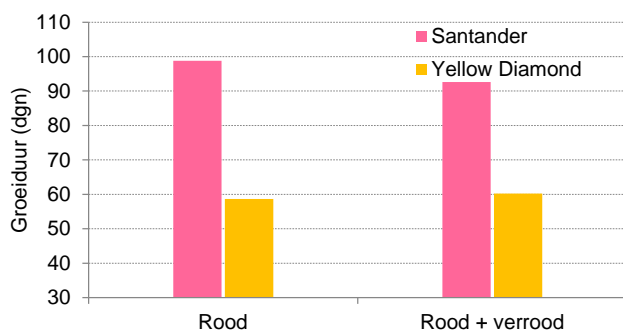


Figuur 10: Temperatuur en slappe planten.

Het percentage slappe planten nam bij Santander sterk af bij een hogere broeitemperatuur. Bij Yellow Diamond kwamen nauwelijks slappe planten voor.

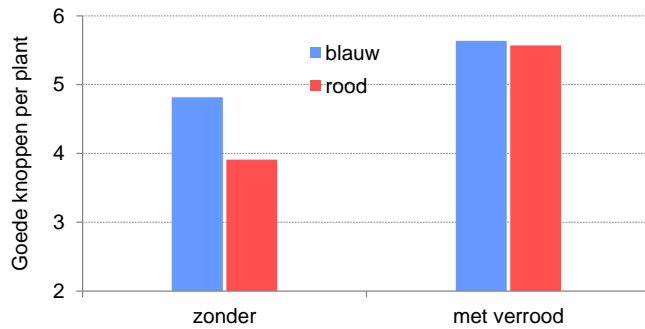
Opvallend was dat terwijl bij Santander toevoeging van UV-a aan rood + verrood tot kortere planten leidde, juist het percentage slappe planten het hoogst was. Tussen de overige lichtbehandelingen was geen verschil.

Net als bij de eerste trek was de groeiduur van Santander langer dan van Yellow Diamond (gemiddeld 95 dagen tegen 74 dagen) en werd bij beide cultivars door broei bij 22 °C de groeiduur korter dan bij 16 °C (gemiddeld 84 dagen tegen 74 dagen). Daarnaast werd bij Santander onder rode LED's de groeiduur verkort door toevoeging van verrood, figuur 11.



Figuur 11: Groeiduur en 24 uur per dag verrood.

Knopval komt ook bij deze trek bij Santander niet voor, en bij Yellow Diamond fors minder dan bij de eerste trek. Vooral bij de broei bij 22 °C vermindert toevoeging van verrood aan rood bij Yellow Diamond de knopval. Het aantal goede knoppen per plant is bij deze tweede trek bij Santander gemiddeld iets hoger dan bij Yellow Diamond (5,9 tegen 5,1) en fors hoger dan bij de eerste trek (toen 3,7). Verrood toegevoegd aan rood en aan blauw resulteerde bij Yellow Diamond in meer goede knoppen per plant.



Figuur 12: 24 uur/dag verrood (Yellow Diamond).

Een opvallend effect van belichten met rode LED's was dat bij Santander, in afwezigheid van blauw of van UV-a licht, een forse groei van stengelwortels veroorzaakt werd, zie foto 1. Ook eerst met rode LED's belichten en daarna met blauwe gaf dit verschijnsel. Blijkbaar wordt in een vroeg stadium van de groei deze ontwikkeling door rood licht geïnitieerd. Onder blauw of UV zijn de stengelwortels opvallend afwezig, foto 2, en groeien de planten extreem in de richting van de UV-a lichtbron, foto 3



Foto 1



Foto 2



Foto 3

LED-belichting ↔ Kas

In tabel 4 zijn voor de twee cultivars de gemiddelde waarden samengevat bij de verschillende temperaturen, de belichtingen met LED's en in de kas.

Tabel 4: Gemiddelden per behandeling.

Cultivar	Temp °C	Licht*	Lengte cm	gewicht g	slappe takken %	groei duur dgn	knopval (per plant)	goede knoppen	stevig g/cm	bolrest g
Santander	16	R+VR+UV	130	193	63%	97	0,0	6,1	1,48	411
Santander	16	R+VR	138	203	25%	99	0,0	5,3	1,47	355
Santander	16	R	139	199	56%	106	0,0	5,9	1,42	357
Santander	16	B+VR	143	195	40%	104	0,0	6,1	1,37	331
Santander	16	B	145	208	56%	102	0,0	6,2	1,43	375
Santander	16	R→B	140	206	31%	103	0,0	5,9	1,47	345
Santander	16	B→R	145	209	63%	101	0,0	6,0	1,44	368
Santander	16	Kas	103	169	3%	88	0,1	6,0	1,65	429
Santander	22	R+VR+UV	113	162	31%	86	0,1	6,3	1,43	482
Santander	22	R+VR	120	177	13%	88	0,0	6,1	1,47	458
Santander	22	R	124	188	6%	92	0,0	5,9	1,52	427
Santander	22	B+VR	126	176	13%	92	0,0	6,0	1,39	331
Santander	22	B	120	155	6%	86	0,1	5,4	1,29	422
Santander	22	R→B	122	179	38%	91	0,0	5,6	1,46	417
Santander	22	B→R	122	174	13%	89	0,0	6,2	1,42	410
Santander	22	Kas	100	170	0%	82	0,3	5,6	1,70	450
Yellow Diamond	16	R+VR+UV	96	129	0%	65	0,1	5,5	1,34	262
Yellow Diamond	16	R+VR	98	125	0%	64	0,2	5,3	1,27	236
Yellow Diamond	16	R	96	119	0%	64	0,3	4,6	1,25	276
Yellow Diamond	16	B+VR	93	114	0%	70	0,4	5,6	1,22	206
Yellow Diamond	16	B	98	110	9%	70	0,2	4,6	1,13	244
Yellow Diamond	16	R→B	100	135	0%	70	0,3	5,3	1,35	223
Yellow Diamond	16	B→R	101	128	0%	66	1,4	5,4	1,27	232
Yellow Diamond	16	Kas	84	113	0%	60	0,0	5,4	1,34	230
Yellow Diamond	22	R+VR+UV	88	107	0%	56	0,2	5,9	1,22	217
Yellow Diamond	22	R+VR	96	116	0%	56	0,5	5,5	1,20	221
Yellow Diamond	22	R	88	93	0%	53	2,7	3,2	1,06	285
Yellow Diamond	22	B+VR	98	125	18%	64	0,2	5,6	1,28	222
Yellow Diamond	22	B	98	115	0%	66	0,2	5,0	1,17	198
Yellow Diamond	22	R→B	93	127	0%	63	0,6	5,6	1,37	195
Yellow Diamond	22	B→R	94	93	0%	56	0,7	4,8	0,99	234
Yellow Diamond	22	Kas	82	113	0%	56	0,5	5,4	1,37	217

*R = rood, B = blauw, VR = verrood, UV = UV-a.

Ook in deze 2^{de} trek zijn de planten in de kas altijd korter dan wanneer ze eerst onder LED's hebben gestaan, vooral bij Santander. Het verschil in lengte tussen broei bij 16 °C en broei bij 22 °C is in de kas veel kleiner dan onder LED's.

Het plantgewicht van Santander was bij 16 °C in de kas fors lager dan onder LED's; bij 22 °C echter van dezelfde orde. Yellow Diamond vertoonde dezelfde trend, maar met een minder groot verschil.

Het percentage slappe takken bij Santander was in de kas fors lager.

De groei duur was voor beide cultivars bij 16 °C in de kas korter dan onder LED's, bij 22 °C was dit verschil bij Santander fors minder en bij Yellow Diamond afwezig.

Het aantal goede knoppen is bij Santander in de kas gelijk aan onder LED's. Bij Yellow Diamond was alleen bij rode LED's en bij rood na blauwe LED's het aantal goede knoppen door knopval lager dan in de kas.

Het gewicht van de na de oogst overblijvende bollen (zie ook tabel 2) was ook bij deze trek bij Santander het hoogst, maar het verschil met Yellow Diamond was minder groot: 398 tegen 231 gram. Bij het opplanten wogen 8 bollen Santander 620 gram en 8 bollen Yellow Diamond 725 gram. LED-belichting en temperatuur hadden nu wel effect: Bij broei bij 16 °C bleef iets minder gewicht over dan bij broei bij 22 °C. Onder blauwe LED + verrood bleef het minste gewicht over, onder rood + verrood +UV-a het meest. Overblijvend bolgewicht was bij Santander het sterkst *negatief* gecorreleerd aan de groeiduur: hoe langer de groeiduur hoe lager het overblijvend bolgewicht, C=-0.816 en p < 0.0001, tabel 5. De groeiduur was sterk positief gecorreleerd met lengte, gewicht en het percentage slappe takken.

Tabel 5: Correlatiecoëfficiënten (C) en significantie (p).

		gewicht	slappe takken	groeiduur	knopval	goede knoppen	stevig	bolrest
Santander								
Lengte	C	0,853	0,737	0,925		0,126	-0,566	-0,775
	p	0,000	0,001	0,000		0,643	0,022	0,000
gewicht	C		0,693	0,894		0,094	-0,056	-0,679
	p		0,003	0,000		0,730	0,836	0,004
slappe takken	C			0,748		0,308	-0,319	-0,407
	p			0,001		0,246	0,229	0,118
groeiduur	C					0,139	-0,346	-0,816
	p					0,609	0,189	0,000
knopval	C					-0,312	0,446	0,546
	p					0,240	0,084	0,029
goede knoppen	C						-0,099	0,079
	p						0,716	0,772
stevig	C							0,382
	p							0,145
Yellow Diamond								
Lengte	C	0,539	0,246	0,662	-0,186	0,091	-0,076	-0,026
	p	0,031	0,358	0,005	0,490	0,738	0,781	0,923
gewicht	C		0,114	0,629	-0,460	0,553	0,798	-0,252
	p		0,675	0,009	0,073	0,026	0,000	0,347
slappe takken	C			0,248	-0,189	0,072	-0,034	-0,026
	p			0,355	0,484	0,790	0,900	0,924
groeiduur	C				-0,443	0,228	0,280	-0,206
	p				0,085	0,395	0,294	0,445
knopval	C					-0,725	-0,438	0,442
	p					0,001	0,090	0,086
goede knoppen	C						0,605	-0,686
	p						0,013	0,003
stevig	C							-0,299
	p							0,261

Bij Yellow Diamond correleerde het overgebleven bolgewicht negatief met het aantal goede knoppen.

4 Conclusies

De proeven lieten zien dat lelies onder hogere temperaturen eerder snijrijp zijn en hierdoor korter en/of lichter worden. Onder blauw licht worden lelies langer, maar niet zwaarder. UV-a aan rood + verrood toegevoegd houdt lelies iets korter. Effecten van lichtkleur hangen af van cultivar en broeitemperatuur.

Conclusies uit de 1^{ste} trek

- Onder blauwe + UV-a LED's worden beide cultivars langer, maar niet zwaarder en dus slapper.
- Toevoeging van 24 uur per dag Verrood heeft bij Santander het effect dat de planten nog langer worden, maar ook lichter, dus nog slapper.
- Bij Yellow Diamond worden de planten bij toevoeging van 24 uur per dag verrood ook langer, maar ook zwaarder en dus minder slap.
- De groeidiur is bij 22 °C korter dan bij 16 °C.
- Bij Santander verkort toevoeging van 24 uur per dag verrood de groeidiur met gemiddeld een week. Bij Yellow Diamond niet.
- Bij Yellow Diamond vermindert toevoeging van 24 uur per dag verrood knopval.
- In de kas zijn de planten altijd korter, maar voor Santander even zwaar, dus wel minder slap. Van Yellow Diamond waren er geen slappe planten in de kas; ze werden in de kas korter en zwaarder.
- De groeidiur is voor Yellow Diamond in de kas gelijk aan onder LED's. Bij Santander is de groeidiur onder LED's langer, maar hetzelfde als in de kas als ook met 24 uur per dag verrood wordt belicht.
- Bij Yellow Diamond is in de kas bij 22 °C fors minder knopval dan onder LED's. Bij 16 °C is er onder LED's met 24 uur per dag verrood toegevoegd even weinig knopval als in de kas.
- Er is geen correlatie gevonden tussen het overgebleven bolgewicht en de andere parameters.

Conclusies uit de 2^{de} trek

- Onder rode + verrode LED's waar UV-a aan is toegevoegd bleven de planten het kortst.
- De verschillende LED-belichtingen gaven geen verschil in plantgewicht. Beide cultivars werden bij een temperatuur van 16 °C zwaarder dan bij 22 °C.
- Bij 22 °C was het percentage slappe takken lager dan bij 16 °C.
- Bij Santander wordt de groeidiur onder rode LED's verkort wanneer er 24 uur per dag verrood aan wordt toegevoegd.
- Knopval bij Yellow Diamond wordt verminderd door toevoeging van 24 uur per dag verrood, vooral bij 22 °C. Hierdoor zijn er zowel onder blauwe LED's als onder rode meer goede knoppen.
- Zeer opvallend was de flinke stengelwortelgroei onder rode LED's, in afwezigheid van blauw of UV-a.
- Vooral Santander, en vooral bij 16 °C, is in de kas fors korter dan onder LED's. Bij die temperatuur zijn de planten ook minder zwaar.
- Het plantgewicht van Yellow Diamond is in de kas van dezelfde orde als onder LED's.
- Santander heeft in de kas geen (bij 22 °C) of nauwelijks (bij 16 °C) slappe takken.
- De groeidiur in de kas is voor Santander vooral bij 16 °C fors korter dan onder LED's, bij Yellow Diamond maakt het nauwelijks uit.
- Het aantal goede knoppen is in de kas gelijk aan onder LED's, met uitzondering van Yellow Diamond onder uitsluitend rode LED's. In die omstandigheid is het aantal goede knoppen fors lager.
- Het overgebleven bolgewicht van Santander correleerde negatief met groeidiur, gewicht en lengte.

Samenvattend zijn de meest opvallende effecten van de verschillende LED-belichtingen:

- 24 uur per dag verrood verkort de groeidiur van Santander met gemiddeld een week
- En vermindert knopval bij Yellow Diamond
- Onder rode LED's, in afwezigheid van blauw of UV-a, ontwikkelen zich veel stengelwortels
- Lelieplanten groeien zeer sterk richting een UV-a lichtbron.

5 Discussie en aanbevelingen

Er van uit gaande dat de lelies die de volledige groeiperiode in de kas stonden de optimale kwaliteit hebben, dan wordt bij de eerste trek voor Santander deze kwaliteit het best benaderd door belichting met rode LED's + UV-a (R+UV in tabel 2). Voor Yellow Diamond wordt de kaskwaliteit bij 16 °C het best benaderd door zowel belichting met blauw + UV + 24 per dag verrood (B+VR+UV in tabel 2) als door belichting met rood + UV + 24 uur per dag verrood (R+VR+UV). Bij 22 °C is dat rood + UV + 24 uur per dag verrood (R+VR+UV).

Bij de 2^{de} trek is voor beide cultivars en broeitemperaturen belichting met rood + UV + 24 uur per dag verrood optimaal. Het aantal goede knoppen per plant is dan gelijk of zelfs hoger dan in de kas, terwijl de planten bijna even kort zijn en het plantgewicht bij 16 °C hoger en bij 22 °C bijna even hoog is.

In alle gevallen geeft toevoeging van 24 uur per dag verrood aan rood bij Santander een kortere groeiduur. Bij Yellow Diamond geeft toevoeging van 24 uur per dag verrood aan rood, en ook aan blauw licht, meer goede knoppen per plant.

Bij de verdere ontwikkeling van systeeminnovatie bij lelie verdient LED-belichting met rood + 24 uur per dag verrood + UV-a dus de sterkste aanbeveling. De energie-efficiëntie van lelieproductie kan daarmee sterk worden verbeterd, doordat meerlagenteelt in een cel of schuurkas voor zeker de helft van de groeiduur mogelijk wordt. Dit bespaart per steel veel energie voor verwarming. Daarnaast wordt per steel elektra voor belichting bespaard door groeiduurverkorting als gevolg van belichten met 24 uur per dag verrood en door hogere broeitemperaturen, *en* ook door het hogere lichtrendement ($\mu\text{mol/watt}$) van LED's, tabel 6. In deze tabel is het energieverbruik van leliebroei in de winter weergegeven in de kas, en o.a. vergeleken met gedeeltelijke meerlagenteelt in een cel.

Tabel 6: Energiebesparing door gedeeltelijke meerlagenteelt plus groeiduurverkorting bij leliebroei in de winter

	kas met SonT lamp 12 uur/dag, 55 watt/m ²		Cel met LED's (16 uur/dag, 30 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$)	
teeltlagen	1		4	
MJ/m ² grond per dag				
belichting	2,4		2,3	
verwarming	7,0		0,9	
overig*	0,2		0,8	
Totaal	9,6		4,0	
MJ/1000 stelen per dag	160		17	
	Totaal E-verbruik (MJ/1000 stelen)	aantal dagen meerlagenteelt	Totaal E-verbruik (MJ/1000 stelen)	E-bespaard:
trekduur 100 dagen	16017	40	10270	36%
		50	8834	45%
		60	7397	54%
trekduur verkort tot 85 dagen	13614	34	8730	45%
		43	7509	53%
		51	6288	61%

* ventilatie, containertransport, e.d.

Hiermee wordt de CO₂-footprint ook sterk verlaagd. Een verdere verlaging van de CO₂-footprint kan gerealiseerd worden door van broei op potgrond over te stappen naar broei op water. Potgrond wordt geoogst in veengebieden en uiteindelijk na enkele jaren omgezet in CO₂. Zelfs indien potgrond 1 of 2 keer

wordt hergebruikt, is het na energie voor kasverwarming en belichting de belangrijkste veroorzaker van CO₂-uitstoot, tabel 7. In deze tabel is het resultaat samengevat van het rekenmodel Carbon Footprint bolbloemen (PPO, 2012, beschreven in:

<http://www.tuinbouw.nl/sites/default/files/documenten/14382%2032%20361349%2000%20%20er%20Carbon%20footprint%20broeierij%20bolgewassen.pdf>).

Om broei op water (eb/vloed) mogelijk te maken dient een speciale tray ontwikkeld te worden die onder andere rekening houdt met de stengelwortels. Het fenomeen dat rood licht, in afwezigheid van blauw en UV, sterke stengelwortelgroei veroorzaakt kan hierbij mogelijk ten voordele worden aangewend.

Tabel 7: Carbon footprint Leliebroei in de winter in de kas met SonT belichting (kg CO₂/1000 stelen)

	teelt bollen	broei	totaal
Meststoffen	9,3	0,8	10,0
Middelen	1,3		1,3
Bewerkingen	2,6		2,6
Bewaring/preparatie materialen	41		41
potgrond	20	161	161
Kas energie		929	929
belichten		536	536
verwarming		393	393
totaal	74	1091	1164