

Workshop 7.

LED in de sierteelt:
sturen met lichtspectrum, daglengte en lichtintensiteit

Sander Hogewoning (Plant Lighting B.V.)
&
Nieves García (Wageningen UR-Glastuinbouw)

Lichteent 27 maart 2024



1

Van SON-T naar LED: wat wordt er anders?



2

Van SON-T naar LED: wat wordt er anders?

- Energiebesparing!
 - Inmiddels is de licht-output van LED *tot* meer dan het dubbele van SON-T per kWh stroom.
 - De efficiëntie (μmol licht per Watt input) verschilt wel per lichtkleur en per ontwerp armatuur.
- Kleurenspectrum:
 - Keuze tussen verschillende verhoudingen rood/ wit/ blauw/ verrood.
 - Dat heeft gevolgen voor investeringskosten en energiegebruik, het gewas en de werkbaarheid.
- Lichtintensiteit traploos dimbaar
 - Makkelijker aanpassen belichting aan intensiteit daglicht en stroomprijs (zie ook workshop 9)
- Aparte aansturing verschillende lichtkleuren
 - Stroom besparen als een bepaalde kleur niet nodig is.
 - Sturen van plantvorm, bloei en bladkleur gewas.
- Energiebalans kas en gewas
 - Per μmol licht minder warmte-inbreng en geen nabij-infrarode straling (NIR).
 - Gevolgen voor gewastemperatuur en verdamping (zie ook workshop 3 en 4).



3

Gevolg overstap SON-T naar LED: elektragebruik

Lamp*	Efficiency ($\mu\text{mol} / \text{J}$)	Elektragebruik (W/m ²) bij 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR belichting	Elektragebruik t.o.v. 1000W SON-t nieuw
SON-t 1000W nieuw	1.85 ($\mu\text{mol}/\text{J}$ PAR)	108W	100%
LED Rood 660nm	4.0 (5.5 theoretisch max.)	50W	46%
LED Blauw 450nm	2.70 (3.8 theoretisch max.)	74W	69%
LED Wit (6500K)	2.50 (3.8 theoretisch max.)	80W	74%
LED Verrood 730nm (\neq PAR)	3.0 (6.1 theoretisch max.)		
LED R(87) +W (10) + B (3)	3.81	52.5W	49%

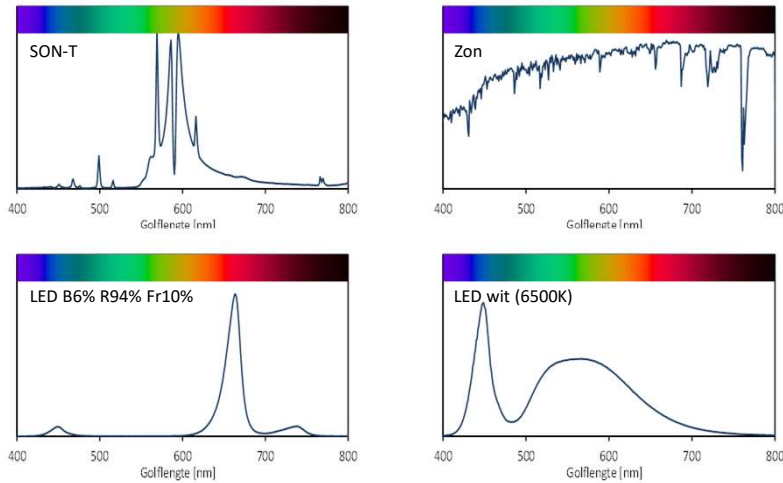
*) Efficiëntie LEDs kan verschillen tussen fabrikanten en batches

- Rode LEDs dus meest efficiënt.
- Witte/ blauwe/ verrode LEDs toevoegen aan armatuur haalt de efficiëntie omlaag.
- Dus niet meer dan nodig...



4

Lichtspectra in het PAR-gebied (400- 700 nm) en verrood (700-800 nm)



- LED-spectra anders dan SON-t en zonlicht
- Keuze combinaties LED blauw, rood, verrood en wit (als bron voor groen)
- Hoe groter het aandeel rood, hoe hoger de efficiëntie in μmol per Watt
- Er is dus een goede reden nodig om af te wijken van een hoog aandeel rood...



5

Waarom wel/niet afwijken van een hoog aandeel rood in LED-armatuur?

- **Blauw:**
 - Klein aandeel blauw (5%) nodig voor behoud van een goede fotosynthese.
 - Sommige gewassen strekken minder bij meer blauw licht.
- **Groen:**
 - Klein aandeel groen (5%) voor de EG-subsidie (zie workshop 6)
 - Klein aandeel groen voor werkbaarheid (menselijk oog)
 - Witte LED als bron voor groen kost meer elektriciteit per μmol dan rood
 - Groen draagt wel bij aan de fotosynthese.
 - Bijzondere voordelen voor het gewas is geen of hooguit dun bewijs voor.
- **Verrood:**
 - Volgens definitie geen PAR (geen 'fotosynthese-licht')
 - In werkelijkheid wel een bijdrage aan de fotosynthese, maar in veel mindere mate dan rood.
 - Wel sterke sturende eigenschappen op *sommige gewassen*.
 - Het effect van verrood en de toepassing ervan verschilt sterk per gewas!
- **UV:**
 - Nog geen toepassing in tuinbouw
 - UV kan interessant worden voor o.a. sturing plantvorm en bladkleur, maar LED's nog erg inefficiënt.



6

Lichtspectrum als informatiebron voor de plant: stuurlicht

Lichtspectrum en daglengte kunnen via effecten op de hormoonbalans van de plant invloed hebben op allerlei plantprocessen. Onder andere:

- kieming
- morfologie van blad en stengel (o.a. vertakking, strekking)
- verdeling assimilaten,
- groei richting (fototropisme)
- detectie en reactie op buurplanten (shade-avoidance)
- circadiaans ritme (ingebouwde klok)
- perceptie lichtintensiteit
- huidmondjesopening
- bloei-inductie
- afrijpsnelheid
- veroudering
- bladkleur



7

Gevoeligheid voor lichtsturing hangt vaak af van herkomst en soort gewas

Bloeisnelheid:

- Breedtegraad: lichtsignalen regelen bloei voor of na de winter.
- Bloei van tropische planten reageert vaak niet of niet sterk op daglengte en spectrum

Strekking en vertakking:

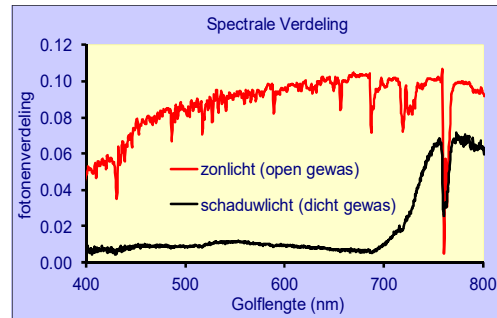
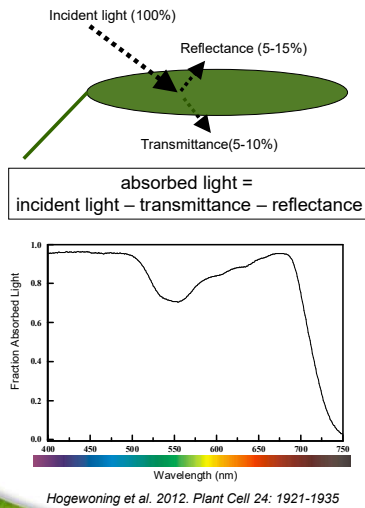
- 'Shade avoidance' reactie voor planten waarbij dit ecologisch nuttig is.



8

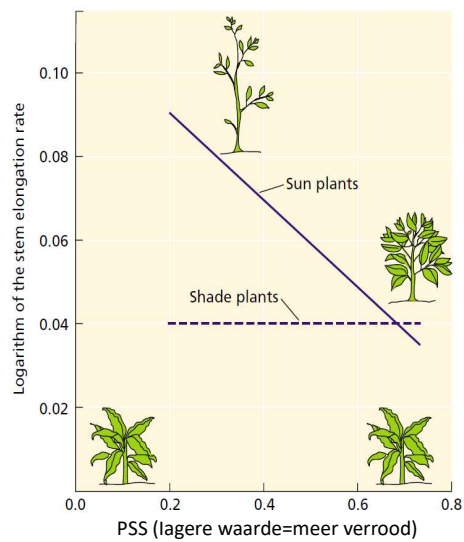
Effect beschaduwing door buurplanten op het spectrum van daglicht

- Daglicht in de schaduw van een gewas is sterk verrijkt in verrood.
- Sommige soorten reageren daar heftig op via de 'shade-avoidance-reactie'.



9

Shade avoidance: soort-afhankelijk



?

Hoe zou de tropische epifyt Phalaenopsis reageren op schaduw- of zonlicht?



10

Voorbeelden effecten lichtspectrum, daglengte en lichtintensiteit op siergewassen

Dank aan financiers Kas als Energiebron, gewascoöperaties, toeleveranciers en andere betrokkenen!



11

Lisianthus

- Kwantitatieve lange-dag plant
- Hoge intensiteiten belichting
- Hoge productiviteit
- Gevoelig voor daglengte
- Gevoelig voor lichtspectrum t.a.v. bloeisnelheid
- Gevoelig voor lichtspectrum t.a.v. taklengte

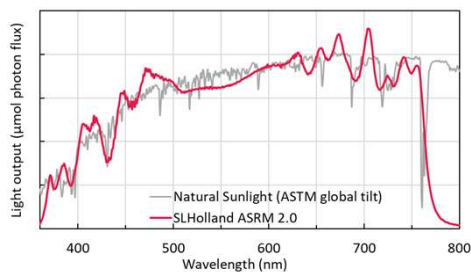
Dus veel te bereiken door slim te sturen met per kleur stuurbare LED.



12

Proefopzet klimaatcel Plant Lighting

- Proeven met daglichtsimulatie en verschillende daglengtes en lichtspectra LED belichting
 - Licht, temperatuur, luchtvochtigheid en CO₂ worden volledig gecontroleerd in de klimaatkamer



Spectrum daglicht-simulator



Impressie van de klimaatcabines in de klimaatcel



13

Resultaten proef verrood in verschillende teeltfasen

- Helemaal geen verrood in belichting (en 8 uur daglichtsimulatie) gaf een week vertraging
- Verrood na 30 dagen uitzetten gaf géén teeltvertraging en na 20 dagen 1.5 dag vertraging.
- Vr-EoD gaf nog wel iets teeltversnelling (1.5 dag), maar veel minder dan verrood overdag.
- Vr-EoD geeft wel fors meer taklengte.
 - Hoe langer de nacht, hoe groter het effect.
 - geen Berelex meer nodig.

Behandelingen	Teeltduur [d]	Takgewicht [g]	Taklengte [cm]	Lichtsom [mol/#]	Productie [g/mol]
RWBVr Vr uit na 40 dagen (ref.)	53.4	87	95	11.8	7.4
RWBVr Vr uit na 30 dagen	52.8	88	93	11.7	7.6
RWBVr Vr uit na 20 dagen	54.3	92	91	12.1	7.6
RWB + Vr-EoD	58.2	98	101	13.3	7.5
RWB (geen verrood)	59.8	105	89	13.7	7.7

Resultaat van één van de getoetste cultivars in klimaatcellen Plant Lighting.



14

Impressie proef met verrood na 45 dagen



15

Opschaling onderzoek

- Kennis ontwikkeld in de klimaatcellen wordt nu getoetst in een proefkas (Plant Lighting en Delphy IC).
- Dynamisch stuurbare LED:
 - Traploos dimbaar en verrood apart aanstuurbaar.
 - Verrood voor sturen bloei en lengte.
 - Verrood niet langer aan dan nodig.
- Tot nu toe goede kwaliteit en snelheid.



16

Kalanchoë

- Kwalitatieve korte-dag plant
- Lange-dag fase gevolgd door korte-dag
- Geen hele hoge lichtsommen
- Wens compacte plant zonder remmiddelen
- Gevoelig voor daglengte
- Gevoelig voor lichtspectrum t.a.v. bloei en compactheid

Wat kan je sturen met LED?



17

Leerpunten lichtspectrum kalanchoë

- Blauw licht:
 - meer blauw geeft compactere plant
 - heel hoog blauw voegt weinig toe
- UV-effect plantcompactheid sterk afhankelijk van de specifieke golflengte UV (geen effect, wel effect of zelfs grote schade!)
- Telen zonder verrood kan doorwas geven, maar niet bij alle rassen.
- Zonder remmiddel geen onaardige planten bij succesvolle behandelingen.
- Halverwege de korte-dag fase terug naar lange-dag kan zonder bloeiverstoring.



Project 'Energiezuinig belichten bloeiende potplanten' in klimaatcellen Plant Lighting 2021-2022



18

Gerbera

- Kwantitatieve korte-dag plant
- Meerjarig gewas
- Geen hele hoge lichtsommen
- Wens veel bloemtakken van voldoende gewicht
- Gevoelig voor daglengte
- Ervaring dat SON-T meer takproductie geeft dan LED
 - Waarom?
 - Gevoelig voor lichtspectrum t.a.v. bloei?
 - Gevoelig voor temperatuur?

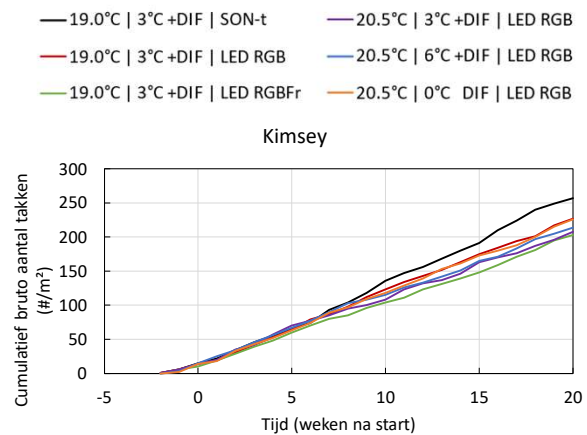


19

Resultaten | bloemtakken



Impressie klimaatcel Plant Lighting met daarin 6 cabines.



- Kimsey produceerde meer takken onder SON-t. Madeira niet.
- Verrood licht lijkt niets toe te voegen bij gerbera. Ook niet meer taklengte.
- Hogere temperatuur geeft ook niet meer bloemtakken.
 - Wel snellere uitgroei en minder zware takken...!
- De zoektocht naar het waarom gaat verder.



20

Lelie

- Oriëntal-hybriden: Kwantitatieve lange-dag plant
 - Teeltversnelling met verrood licht (tot 12 dagen!)
 - Gevoelig voor daglengte
- LA-hybriden: daglengte-neutraal.
 - Nauwelijks teeltversnelling met verrood licht
 - Niet gevoelig voor daglengte?
- Eerste teeltweken haalt lelie energie uit de bol
 - 25 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ belichting al voldoende.
- Wens takken van voldoende gewicht en goed blad



Oriëntal 'Madelon' onder LED zonder en met 6 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ verrood.
Project 'Lelieboei onder LED met minimal energiegebruik'
Plant Lighting en Delphy IC 2021.



21

Lelie demoproef onder twee spectra



Proef Plant Lighting i.s.m. Delphy IC 2021-2022.

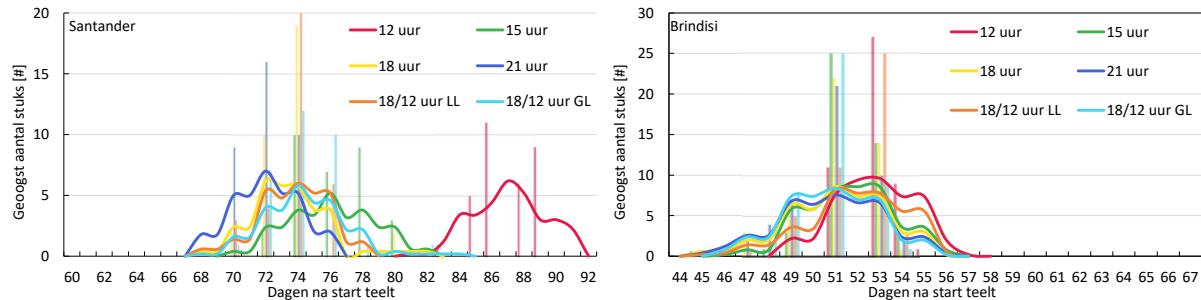
Lelie onder LED met hoog en laag aandeel witte LED
en beide 6 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ verrood

Weinig verschil in plantrespons tussen de 2 spectra.



22

Effect daglengte op teeltduur en oogstspreading lolie (proef Plant Lighting 2023)



- Oriëntal Santander reageert heftig op daglengte. Maar niet meer tijdens 2e helft teelt!
 - dan te verwachten dat verrood licht ook niet meer nodig is tijdens de 2e helft van de teelt...
- LA Brindisi reageert nauwelijks op daglengte.



23

Dynamisch belichten bij Oriëntal lilies

- In het begin van de teelt lampen dimmen. $25 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ is al genoeg.
- Maar, wel een lange dag en $6 \mu\text{mol}$ verrood om geen vertraging op te lopen!
- Wil je juist trager gaan om zwaardere takken te krijgen? Dan beter koeler telen!
- Na een aantal weken lichtintensiteit omhoog voor takgewicht.
- Later in de teelt is een lange dag niet meer per se nodig voor snelheid (en verrood ook niet?)



24

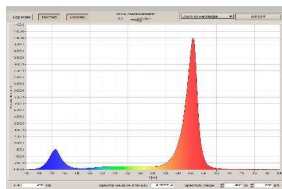
Phalaenopsis (tropische schaduwplant)

- Geen heftige effecten van het spectrum belichting in combinatie met winterdaglicht.
 - Verrood geeft onder andere een lichtere bladkleur en iets langere bloemtakken.
- Phalaenopsis is een CAM-plant met 4 fases per dag:
 - Fase I: nacht
 - Blad neemt CO₂ op en legt vast als malaat
 - Fase II: eerste uur van de dag (of iets langer)
 - Blad neemt nog steeds CO₂ op en legt vast als malaat
 - 30 μmol is genoeg, want meer wordt niet benut.
 - Fase III: overdag
 - In blad opgeslagen CO₂ komt vrij uit malaat.
 - Dus licht is nodig voor assimilatie.
 - Lichtintegratie mag in die periode!
 - 12 uur na licht aan is fase III echt voorbij.
 - Fase IV: namiddag
 - Malaatvoorraad is op. Veel licht heeft geen zin meer, dus LED dimmen.
- Slim dimmen per CAM-fase en daglicht optimaal benutten kan veel opleveren!



25

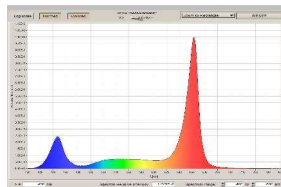
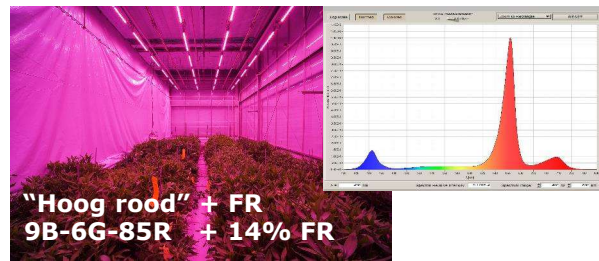
Alstroemeria en haar lichtcriteria (4 rassen, 4 spectra, 20 md)



"Hoog rood"
10B-6G-84R



"Hoog rood" + FR
9B-6G-85R + 14% FR



"Hoog blauw wit"
13B-15G-72R



"Hoog blauw wit" + FR
13B-15G-72R + 14% FR



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

190 μmol/m²s, max. 16 uur per dag

26

26

Alstroemeria en haar lichtcriteria



Iets minder productie, 7% lagere LBE

Minder loos (bij 3 van de 4 rassen)

27

Potanthurium, spectrumproeven

▪ Aanleiding

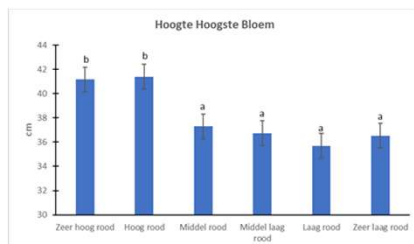
- Bij 1^{ste} full LED toepassing in kas2030 ("sierteelt spectrum")
- i.c.m. hoge intensiteit (200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) en lang belichten (16 uur)



- bloemsteelstrekking en vlekkerige geel/oranje blad vergeling
 → *Hadden wij misschien een schaduw spectrum nodig voor dit gewas?*

28

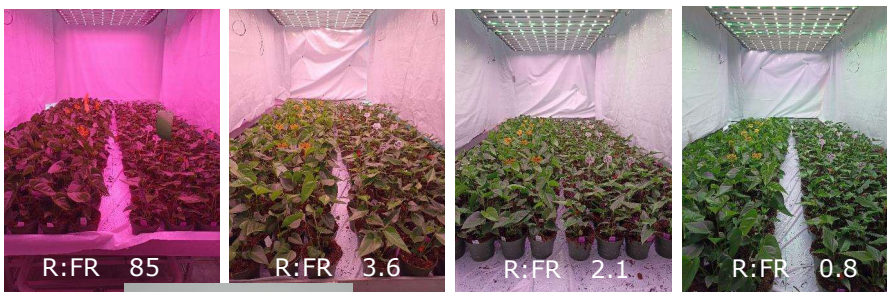
Eerste verkenning (een ras, 8 wk -einde teelt-, 6 spectra)



→ bloemsteelstrekking en plantvorm te beïnvloeden met de R:FR

29

Tweede proef (twee rassen, volledige teelt, 4 spectra, 12 vs 16 uur)



→ bloemsteelstrekking en plantvorm te beïnvloeden met de R:FR, ook bij een tweede ras en volledige teeltduur

→ 16 uur belichten leidt tot meer bladvlekken (maar niet bij elk ras)

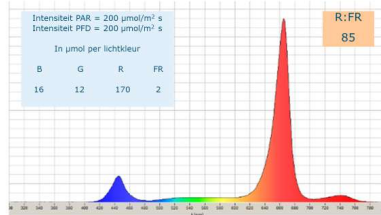
→ Spectrum keuze helpt iets tegen bladvlekken, niet volledige oplossing

→ geen verschil in groei (gewicht, aantal bloemen of blad) Bij gelijke PARsom),

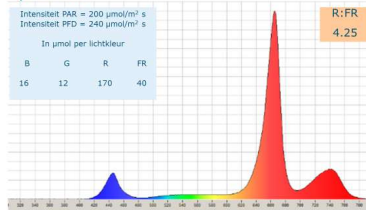
30

Op weg naar implementatie (afgelopen winter in kas2030)

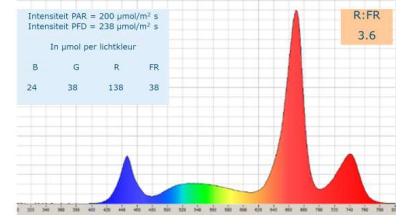
Links achter = oorspronkelijke spectrum



Links voor = met FR aangevuld oorspr. spectrum



Rechts achter = beste uit spectrumproeven



31

31

Sturen met lichtspectrum, daglengte en lichtintensiteit

- LED bespaart veel elektra en brengt minder warmte in de kas per μmol belichting.
 - beter isoleren en actieve ontvochtiging met warmterugwinning overwegen
- Gewasreacties op lichtspectrum verschillen sterk tussen gewassen. Vooral verrood kan bepalende effecten op plantvorm en bloei hebben.
- Apart schakelen van lichtkleuren (verrood en eventueel wit en/of blauw)
 - Stroom besparen als er voldoende daglicht is
 - Stroom besparen als het gewas er geen behoefte aan heeft
 - Sturen op gewenste plantvorm, bloeisnelheid en bladkwaliteit.
- Traploos dimmen biedt kansen:
 - voor een goede aanpassing van de belichting op de gewasvraag
 - voor slim inspelen op de fluctuaties in stroomprijs.



32

Contact



Sander Hogewoning

+31 614271525

info@plantlighting.nl

www.plantlighting.nl

Plant Lighting B.V.

Doordraai 1

3981 PE Bunnik



WAGENINGEN

UNIVERSITY & RESEARCH

Nieves García Victoria

+31 6 20879641

nieves.garcia@wur.nl

www.glastuinbouw.wur.nl

Wageningen UR Glastuinbouw

Violierenweg 1

2665 MV Bleiswijk