

# Lichtspectrum en dagritme. Hoe kun je LED slim inzetten?

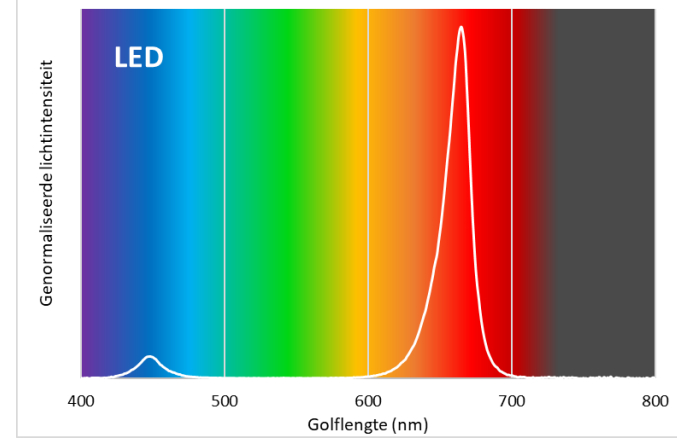
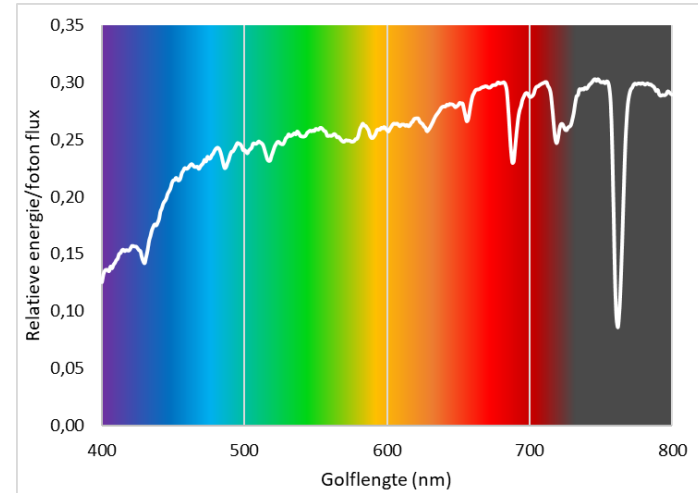
LichtEvent, 26 maart 2025

Anja Dieleman (WUR Glastuinbouw) en Daphne Ruiter (Plant Lighting)



# Tuinbouw: transitie naar LED belichting

- Steeds grotere arealen onder LEDs
- Voordelen van LED belichting:
  - Hoge efficiëntie (tot  $\sim 4.0 \mu\text{mol/J}$ ) t.o.v. SON-T ( $1.8\text{-}1.9 \mu\text{mol/J}$ )
  - Dimbaar: inspelen op instraling zon
  - Spectrum instelbaar (tot 4 kanalen)
- Biedt mogelijkheden (en uitdagingen)



# Lichtspectrum

- In LED belichte teelten is keuze voor (basis) spectrum gemaakt
- Lichtspectrum wordt ingezet om specifiek teeltdoel te halen (strekking, compactheid, ..)
- Steeds nieuwe (fysiologische) vragen
- Technische ontwikkelingen: meerkanaals lampen bieden meer stuurmogelijkheden
- Hoe alle mogelijkheden die lightspectrum biedt goed benutten?



# Sturen met lichtkleuren: basisprincipes

Blauw (400-500 nm):

Nodig voor fotosynthese  
Remt strekking

Groen (500-600 nm):

Menselijk oog  
Draagt bij aan fotosynthese

Rood (600-700 nm):

Efficiënt, basiskleur  
Fotosynthese

Verrood (700-800 nm):

Strekking, assimilatenverdeling,  
bladstand, beworteling

# Lichtkleuren: elektriciteitsverbruik

- LED heeft een hogere efficiency dan SON-t.
- Hoeveel? Dat hangt mede af van het spectrum.

Lamp*	Efficiency ( $\mu\text{mol} / \text{J}$ )	Elektragebruik ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) bij 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ <u>PAR</u> belichting	Elektragebruik t.o.v. 1000W SON-t nieuw
SON-t 1000W nieuw	1.85 ( $\mu\text{mol}/\text{J}$ PAR)	108W	<b>100%</b>
LED <b>Rood</b> 660nm	4.0 (5.5 theoretisch max.)	50W	46%
LED <b>Blauw</b> 450nm	2.70 (3.8 theoretisch max.)	74W	69%
LED <b>Wit</b> (6500K)	2.50 (3.8 theoretisch max.)	80W	74%
LED <b>Verrood</b> 730nm ( $\neq$ PAR)	3.0 (6.1 theoretisch max.)		
LED R(90)+B(10)	3.87	51.6W	48%
LED R(87) +W (10) + B (3)	3.81	52.5W	49%

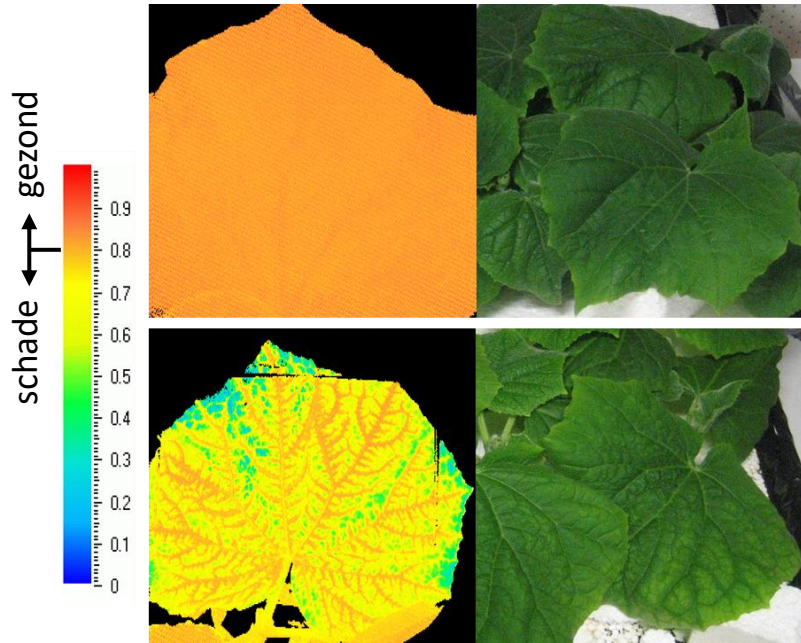
*\*Efficiëntie LEDs kan verschillen tussen fabrikanten en batches en verbetert nog steeds!*

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

Blauw licht [400–500 nm]

# Blauw licht: nodig voor goede fotosynthese

Rood + Blauw



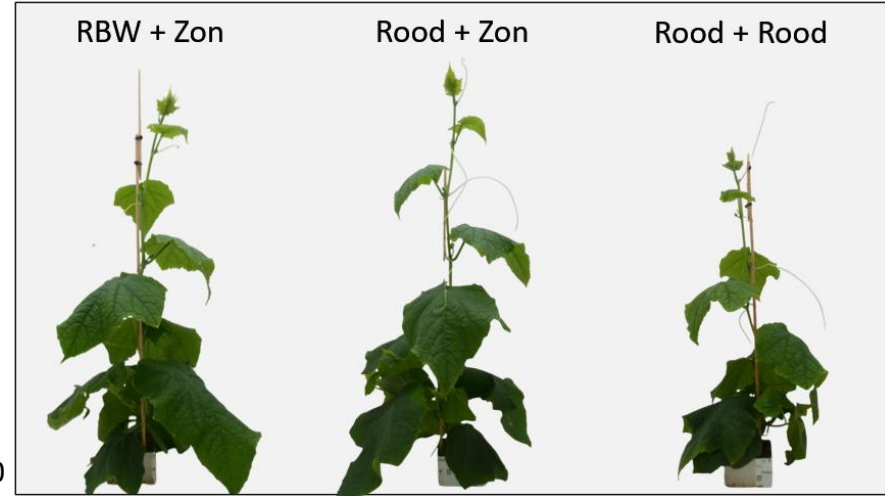
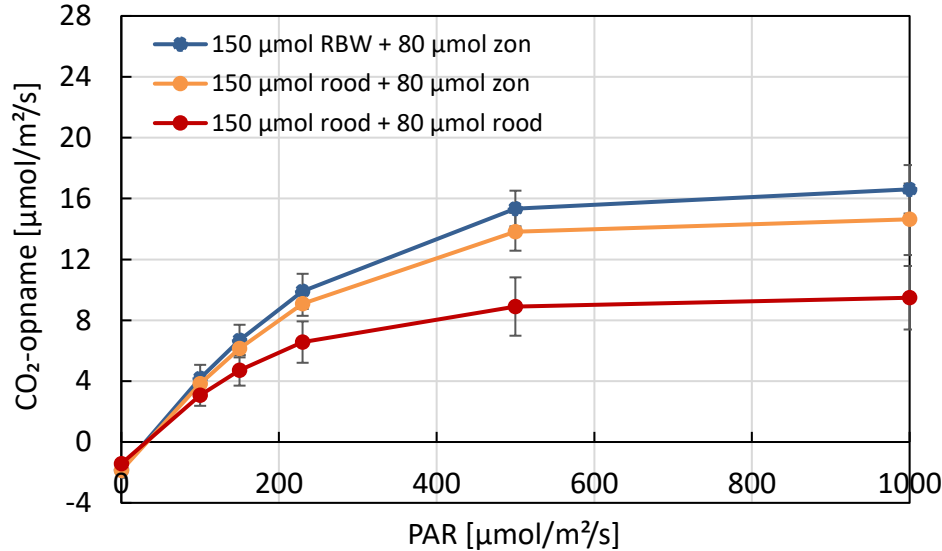
Alleen Rood

Left: efficiency of photosystem II (dark-adapted  $F_v/F_m$ ) measured with chlorophyll fluorescence imaging  
Hogewoning et al. 2010. *Journal of Experimental Botany*.

- 0% blauw geeft schade
- Het toevoegen van een klein beetje blauw (5%) is voldoende voor een goede werking van fotosynthese
- Dit onderzoek is gedaan onder daglichtloze omstandigheden
- Zou belichting zonder blauw licht ook schade geven als er wel daglicht is overdag?

# Schade door belichting zonder blauw bij daglicht?

Lichtresponscurve **komkommer** (n=12)

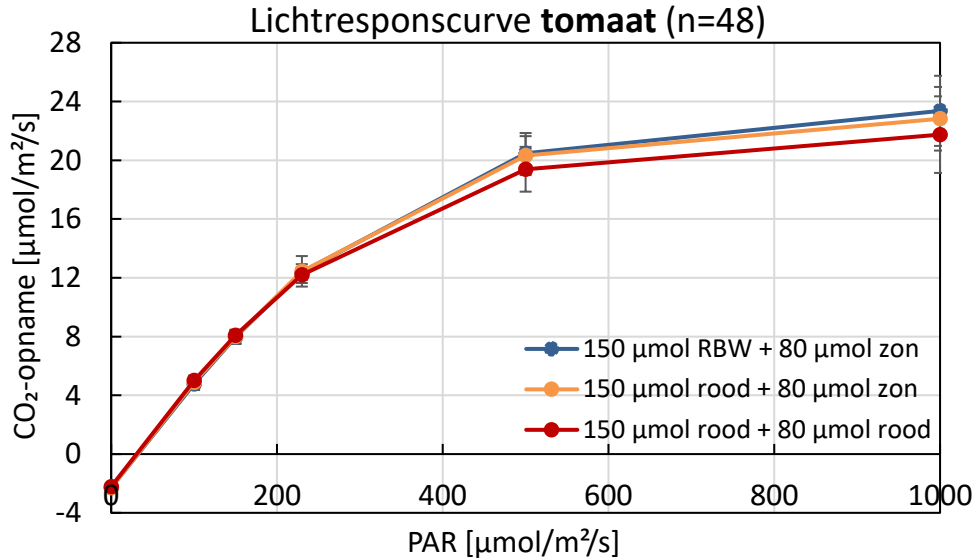


- Puur rood fors lagere fotosynthese
  - Ook bij groeilicht (200μmol)
- Ook schade gemeten bij komkommer onder puur rood licht
- Minder problemen bij rood + daglicht



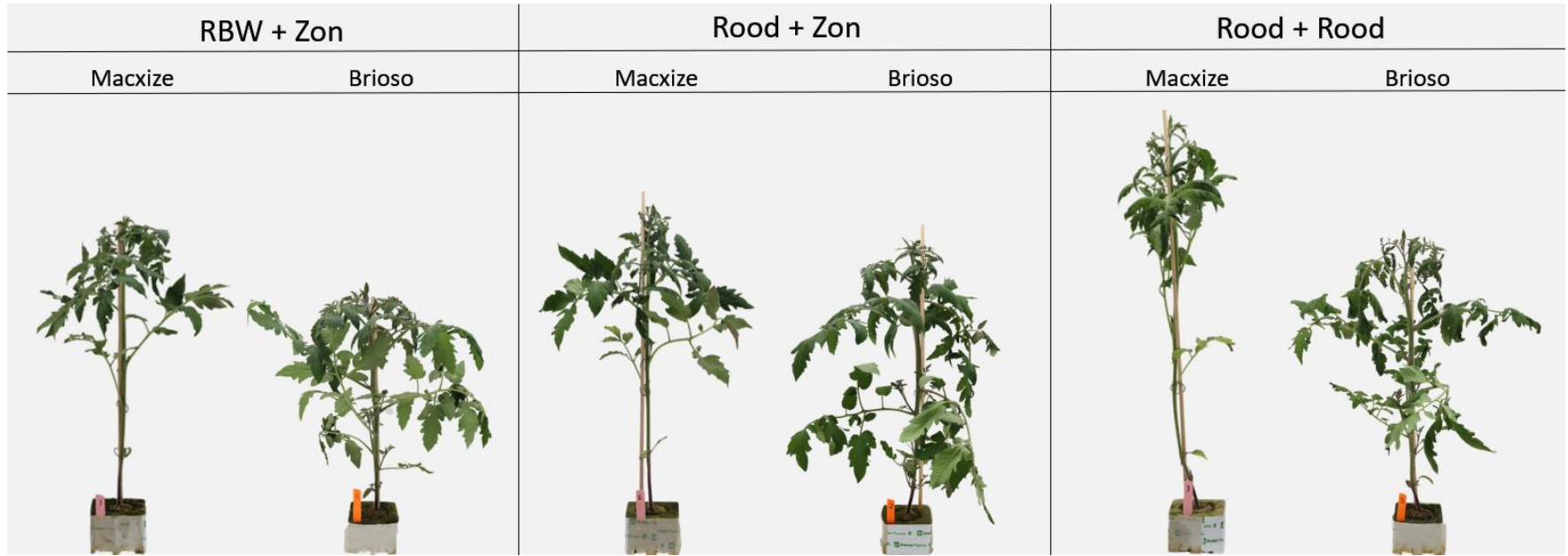
# Schade door belichting zonder blauw bij daglicht?

- Gevoeligheid kan verschillen per soort en mogelijk ook per ras



- Kleine verschillen in lichtrespons tussen RBW en puur rood
- Bij groeilicht (200 $\mu\text{mol}$ ) geen verschillen
- Bij tomaat geen schade gemeten

# Blauw licht: nodig voor goede morfologie



- Planten langer bij puur rood licht, soms andere bladstand, soms gekrulde bladeren
- Geen opvallende verschillen tussen RBW & Rood + Zon (1.5 mol)
- Effect op vruchtdragend gewas onbekend

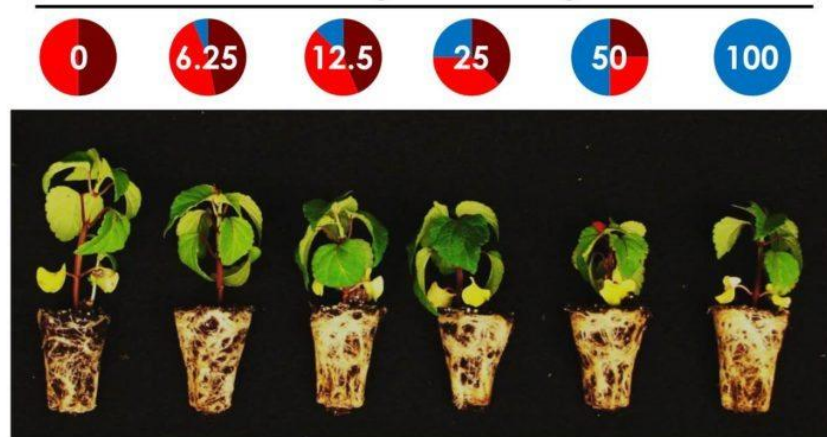
# Blauw licht: remt strekking

- Sturen van plantvorm met lichtkleuren

## Salvia 'Vista Red'

Seedlings grown indoors at 68 °F for 4 weeks under LEDs for 18 hours/day at PPF=160  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  consisting of (%):

**Percentage of Blue Light:**

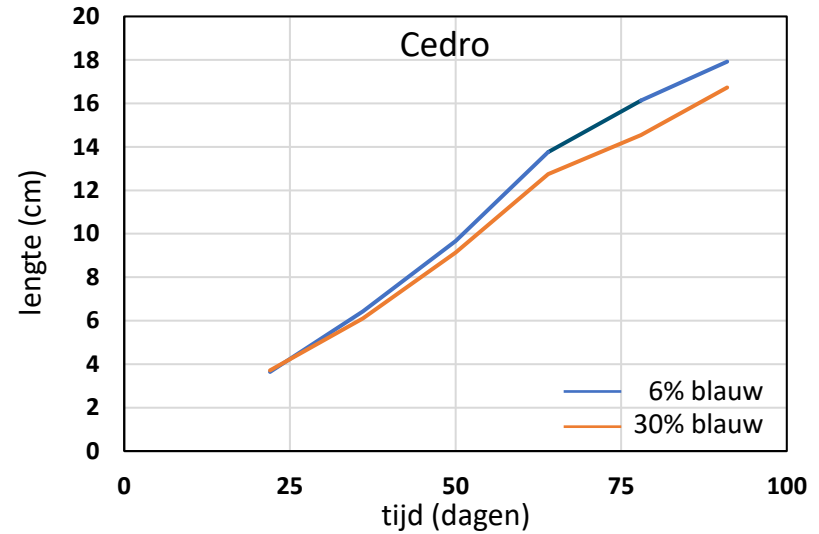
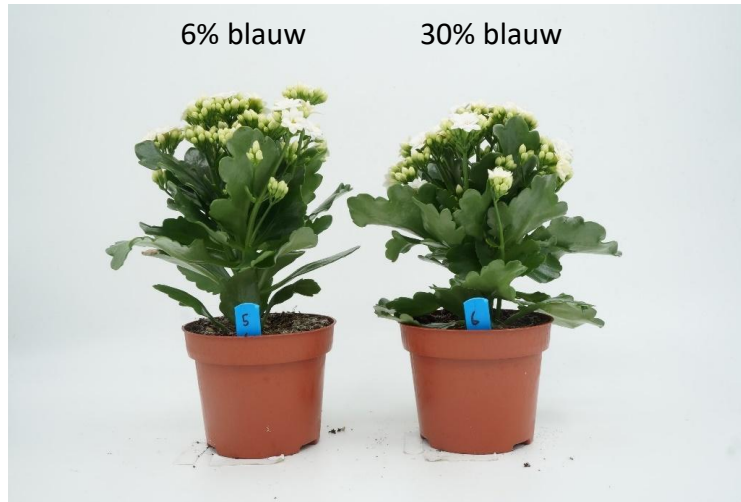


B=blue LED peak=446 nm; R=red LEDs peaks=634 and 664 nm

Onderzoek: dr. E Runkle, Michigan state University

# Blauw licht: remt strekking

- Blauw licht remt strekking: effecten vaak mild



- 1 cm compacter bij 30% blauw

Groen licht [500–600 nm]

# Groen licht [500–600nm]

- Veronderstelling altijd geweest: groen licht niet effectief
- Want: planten zijn groen
- Maar dat klopt niet!

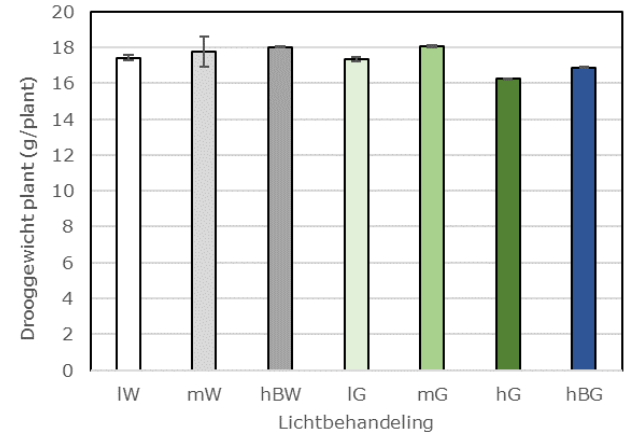
## Groen licht:

- Lagere absorptie door blad
- Maar efficiënt in fotosynthese
- Menselijk oog is gevoelig voor groen
- Nodig om goed te scouten en gewaswaarnemingen te doen



# Heeft hoog aandeel groen licht zin?

- Jonge tomatenplanten geteeld bij 5, 15 of 35% groen of wit licht
- Geen effect op groei, plantvorm of fotosynthese
- Geen effect van groen of wit licht



IG

mG

hG

hBG

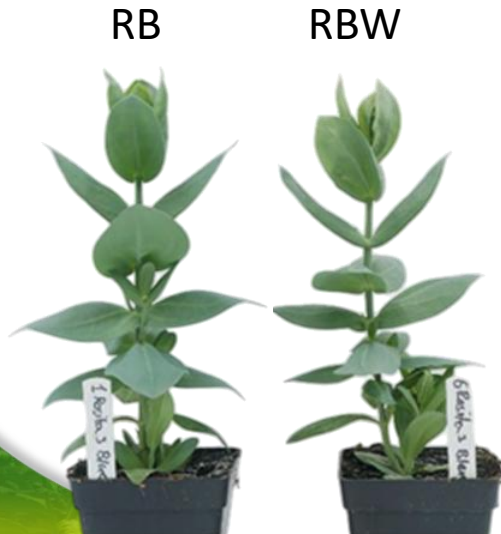
hBW

mW

IW

# Groen licht: geen effecten bij Lisianthus

- 10% wit (=5% groen) licht bij Lisianthus:
- Geen effect op bloeisnelheid
- Nagenoeg geen effect op taklengte
- Visueel geen effect op plantontwikkeling



LED Rood/Blauw



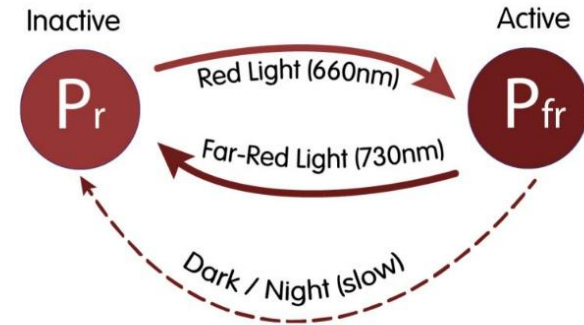
LED Rood/Blauw + 5% Groen



# Groen licht: (nog) geen effecten takkwaliteit Roos

- 'Rozenspectrum' zonder groen (gelijke PSS) had bij roos nagenoeg geen effect op:
  - Teeltsnelheid
  - Scheutuitloop
  - Aantal bladparen
  - Internodium lengte
  - Takgewicht
- Wordt herhaalt in huidig experiment

## Photoreversible state of Phytochromes

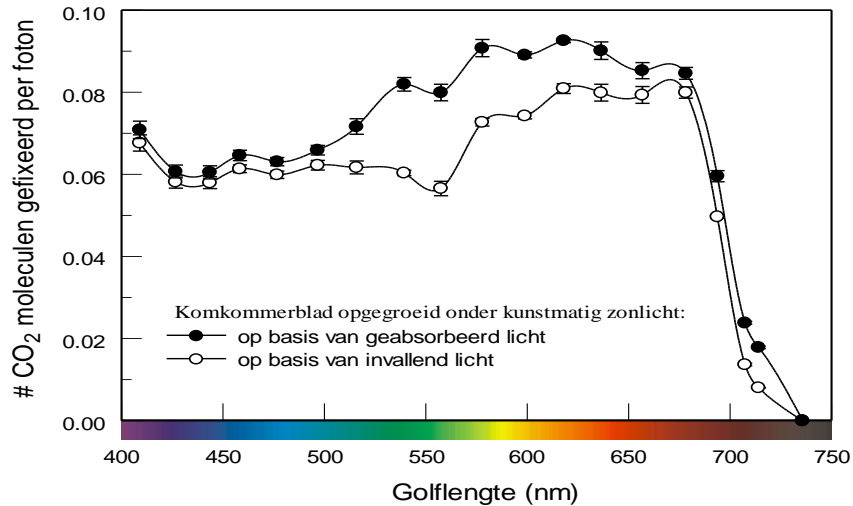


Rood licht [600–700 nm]

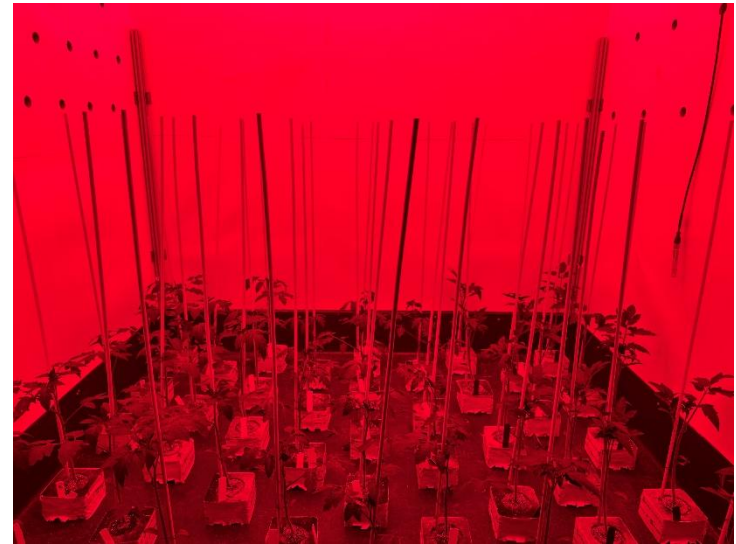
# Rood licht: energie efficiënt & goede fotosynthese

- Energetisch meest efficiënte lichtkleur → meest  $\mu\text{mol}/\text{J}$
- Zeer geschikt voor fotosynthese → hoge quantumyield

Fotosynthese per lichtkleur van een enkel komkommerblad:



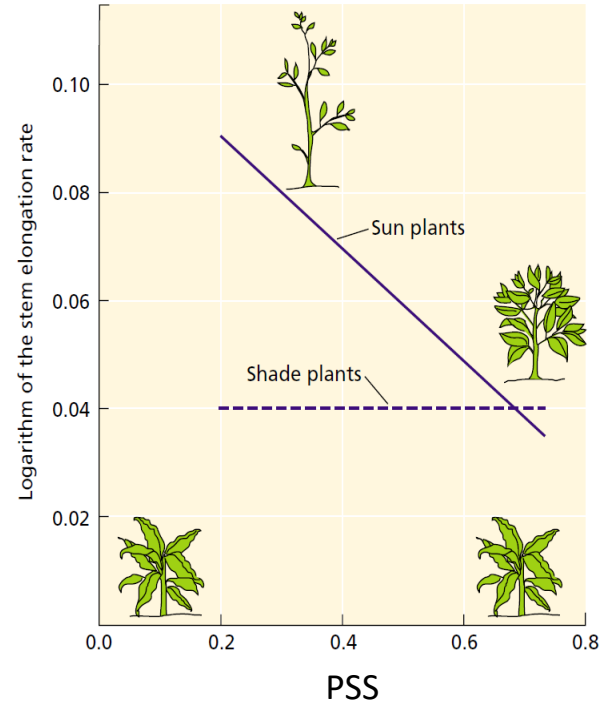
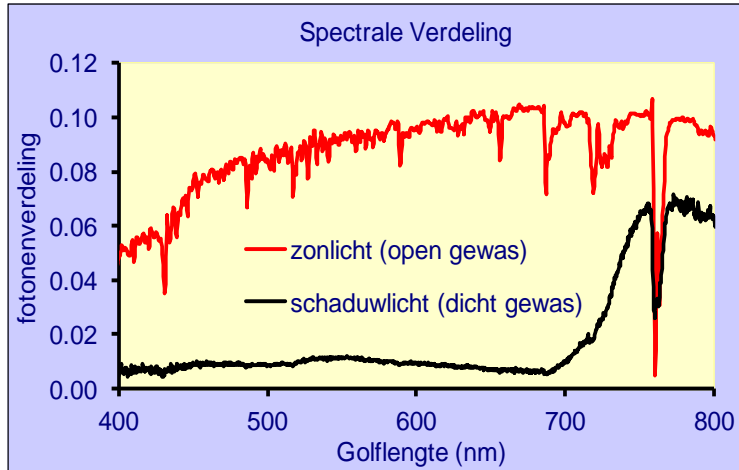
Bron: Hogewoning et al. 2012. *Plant Cell* 24: 1921-1935



Verrood licht [700–800 nm]

# Verrood licht $\neq$ PAR

- Verrood valt buiten de definitie van PAR licht  $\rightarrow$  maar wel kleine bijdrage aan fotosynthese
- Vooral belangrijk als stuurlicht
- Reactie op verrood verschilt sterk per gewasgroep



Phytochromes appear to play a predominant role in controlling stem elongation rate in sun plants (solid line), but not in shade plants (dashed line). (After Morgan and Smith 1979.)

# Verrood licht: gunstig voor productie aubergine

Behandeling	Beyonce	Tracey	
RWB	2.9	2.7	a
RWB UV	3.3	2.7	ab
RWB FR	4.2	3.8	c
RWhB FR	4.2	3.8	c
RWB+FR	5.5	4.5	d
RWhB+FR	5.0	4.4	d
WIT	3.3	3.3	b

Percentage increases for Beyonce vs Tracey:

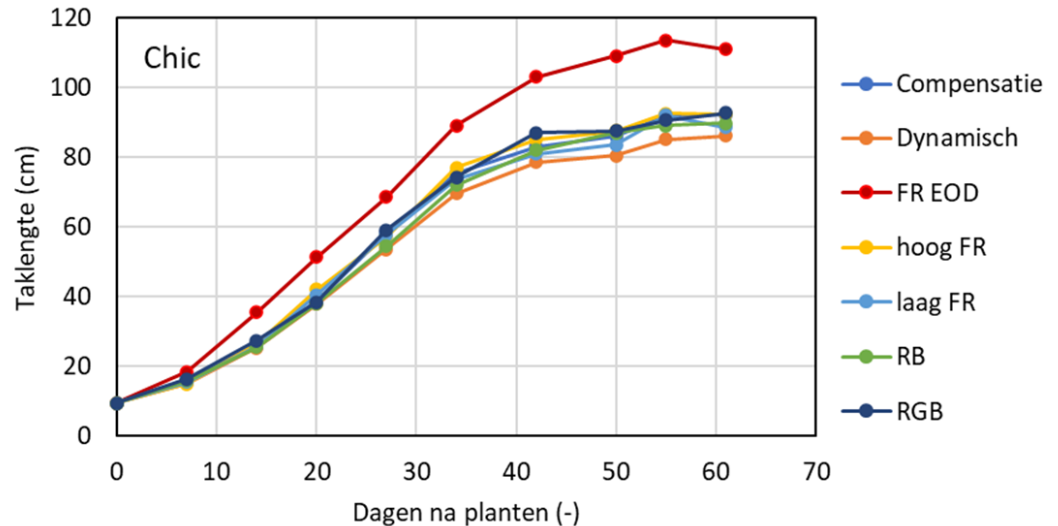
- RWB FR: +45%
- RWB+FR: +92%
- RWhB FR: +66%
- RWhB+FR: +66%

Productie 11 september t/m 9 oktober in kg/m<sup>2</sup>

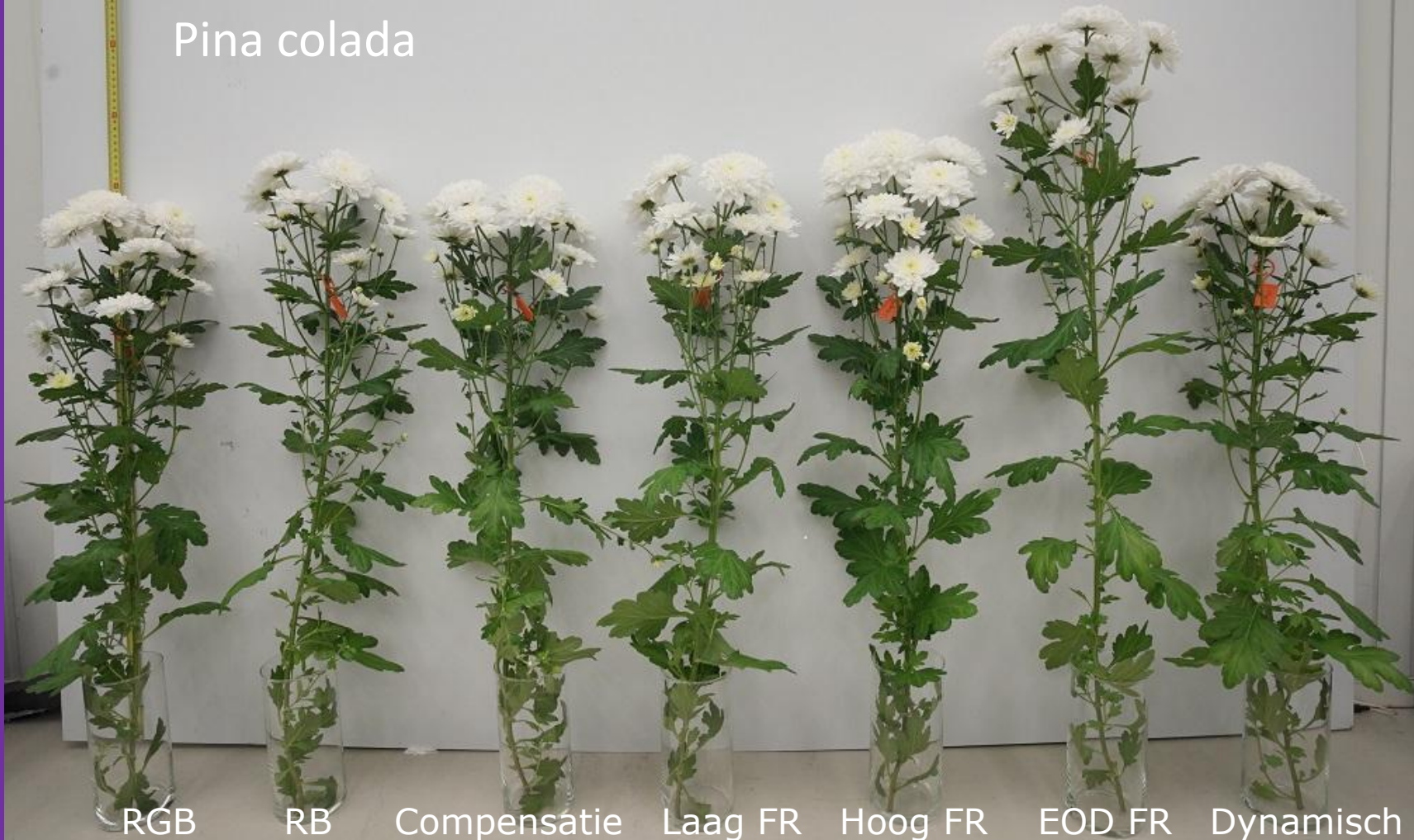


# Spectrumproeven chrysant: taklengte

- In chrysant veel belangstelling voor LED belichting
- Vrees voor te korte takken in de winter
- Kan dit opgelost worden met spectrum?



# Pina colada



RGB

RB

Compensatie

Laag FR

Hoog FR

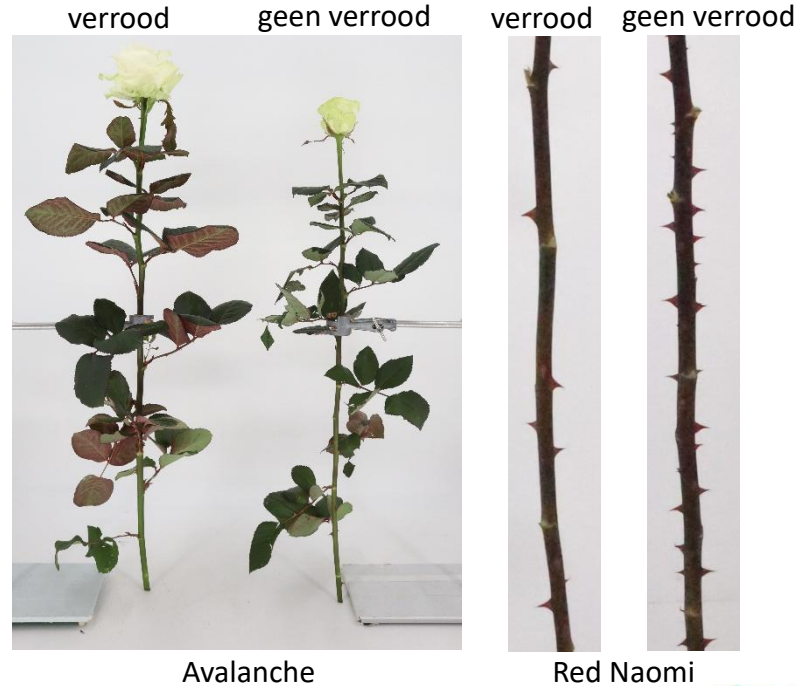
EOD FR

Dynamisch



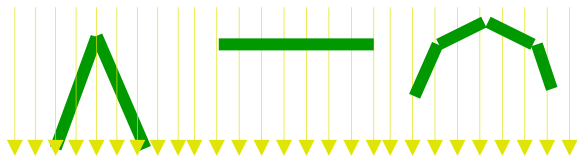
# Verrood licht: nodig voor een goede kwaliteit Roos

- Een spectrum zonder verrood geeft bij roos:
  - Donkerder blad
  - Meer bedoorning
  - Kleinere bladeren
  - Meer bladeren (vegetatief)
  - Teveel scheutuitloop (Avalanche)
  - Teeltvertraging
  - Kortere internodia
- EoD verrood had geen effect op lengte



# Verrood licht: verbeterd bladstand bij komkommer

- Verrood geeft meer lichtonderscheppend vermogen bij komkommer
- Met verrood 15% meer bladeren, 23% hoger bladoppervak → versnelling opkweek



Unpublished research Hogewoning en van Ieperen (2008)

LED rood/blauw



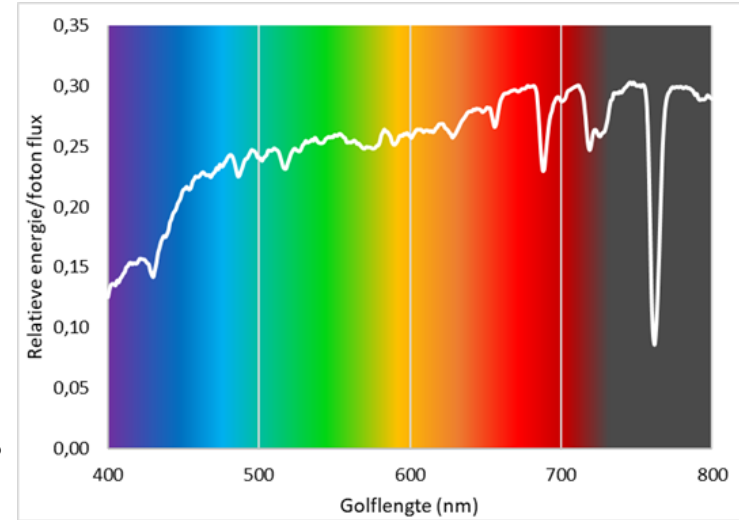
LED rood/blauw/verrood



Dynamisch lightspectrum

# Dynamisch lichtspectrum

- Rood licht kost het minst energie, maar soms zijn andere kleuren nodig voor een goed gewas.
- Zijn deze kleuren dan de gehele belichtingsperiode nodig?
- Met een dynamisch spectrum kan nog iets extra worden bespaard.
- Mogelijkheden voor een dynamisch spectrum:
  - Verrood uitschakelen wanneer er genoeg daglicht in de kas is.
  - Verrood uitschakelen in een bepaald gewasstadium.
  - Groen licht uitschakelen als er geen medewerkers in de kas zijn?
  - Alleen met rood belichten bij voldoende daglicht?

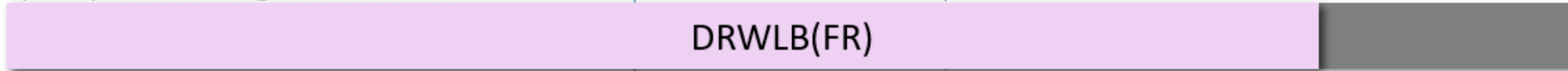


# Dynamisch lichtspectrum gedurende de dag

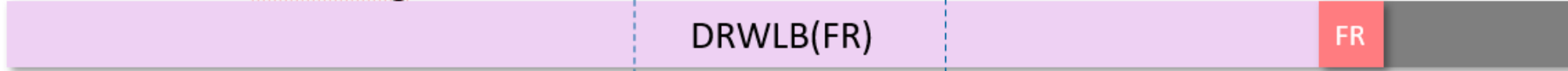
## Voorbeeld gebruik kleurinstelbare LED-belichting



(LED)-belichting traditioneel:



2-kanaals LED-belichting, PAR+FR:



2-kanaals LED-belichting, R+W:



3-kanaals LED-belichting, R + W + FR:



# Chrysanten telen onder dynamisch spectrum



Geen effect op taklengte,  
gewicht of kwaliteit



# Conclusies

- Gewas sturen met lichtspectrum is goed mogelijk
- Per gewas kijken wat behoefte is, spectrum naar behoefte aanpassen
- Technische ontwikkelingen lampen gaan snel (3-4 kanalen)
- Kennis nodig om deze mogelijkheden goed te benutten
- Door meerkanaals LEDs slim in te zetten is verdere energiebesparing mogelijk



# Vragen en discussie

Anja Dieleman

+ 31 653150379

[anja.dieleman@wur.nl](mailto:anja.dieleman@wur.nl)

Daphne Ruiters

+31 614608082

[daphne@plantlighting.nl](mailto:daphne@plantlighting.nl)



Ministerie van Landbouw,  
Natuur en Voedselkwaliteit

