

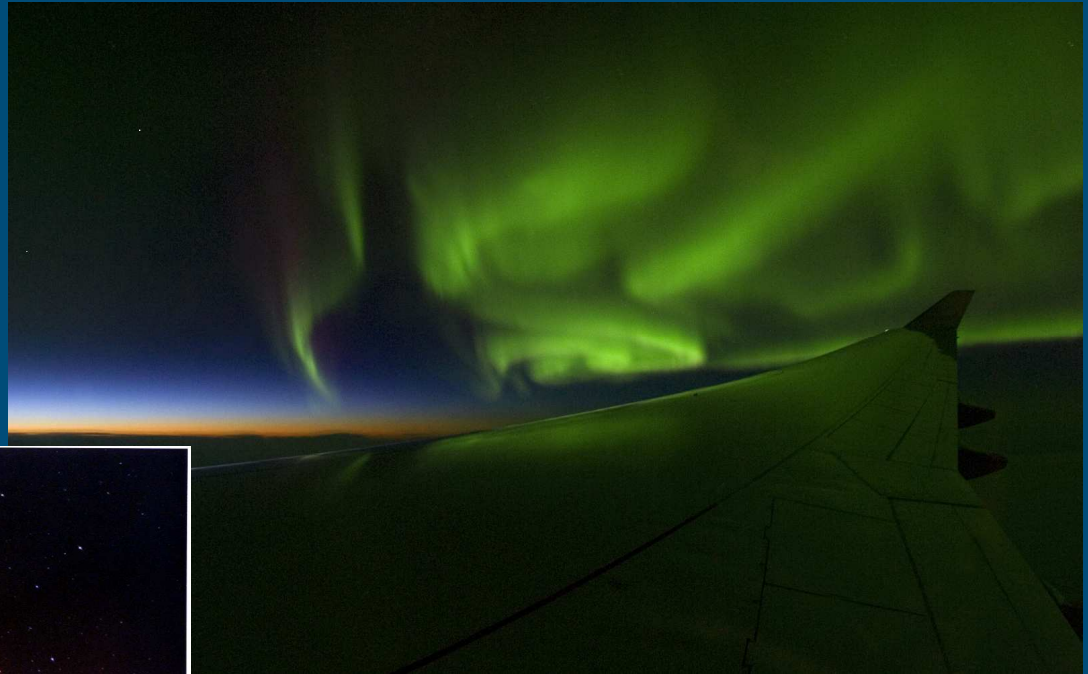
Licht en planten (onder glas)

Tom Dueck, Wageningen UR Glastuinbouw

Lezing OVTO, 11 februari 2008



Wat is licht?



WAGENINGENUR

For quality of life

Canadese noorderlicht



Inhoud

- Licht en straling
- Licht meten, eenheden
- Licht en planten: stuurlicht
 - Lichtkleur
- Licht en planten: groeilicht
 - Diffuus licht
 - Belichting tomaat

Gebruikte afkortingen

PAR = Photosynthetic Active Radiation

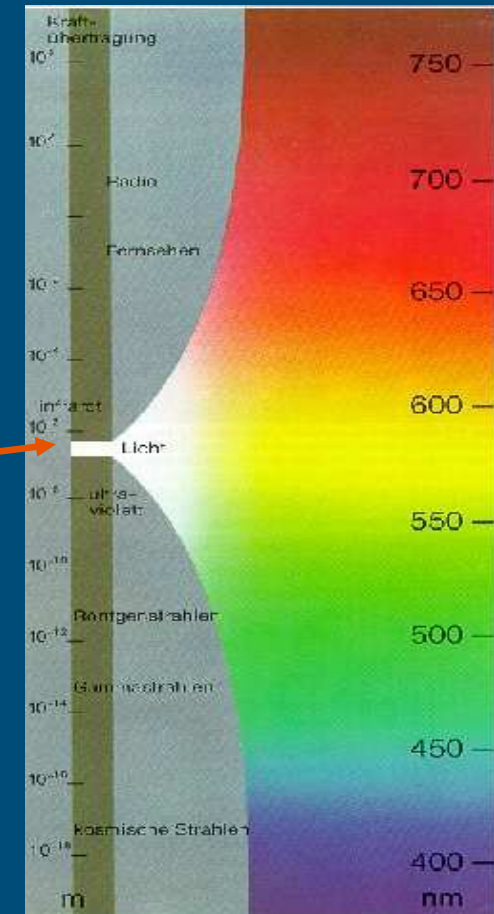
- energie inhoud licht tussen 400 en 700 nm (W/m^2)

PPFD = Photosynthetic photon flux density

- aantal fotonen (energiepakketjes) tussen 400 en 700 nm ($\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$)

Zonlichtspectrum

Straling	Golflengte	Opmerking
UV-C	<< 290 nm	Komt niet aan op aarde
UV-B	280 - 315 nm	<300 nm komt niet aan op aarde
UV-A	315-380 nm	
VIS	380-780 nm	Paars, blauw, groen, geel, oranje, rood
IR-A	780-1.400 nm	Nabij infrarood NIR
IR-B	1.400-3.000 nm	
IR-C	3.000-100.000 nm	Ver infrarood VIR

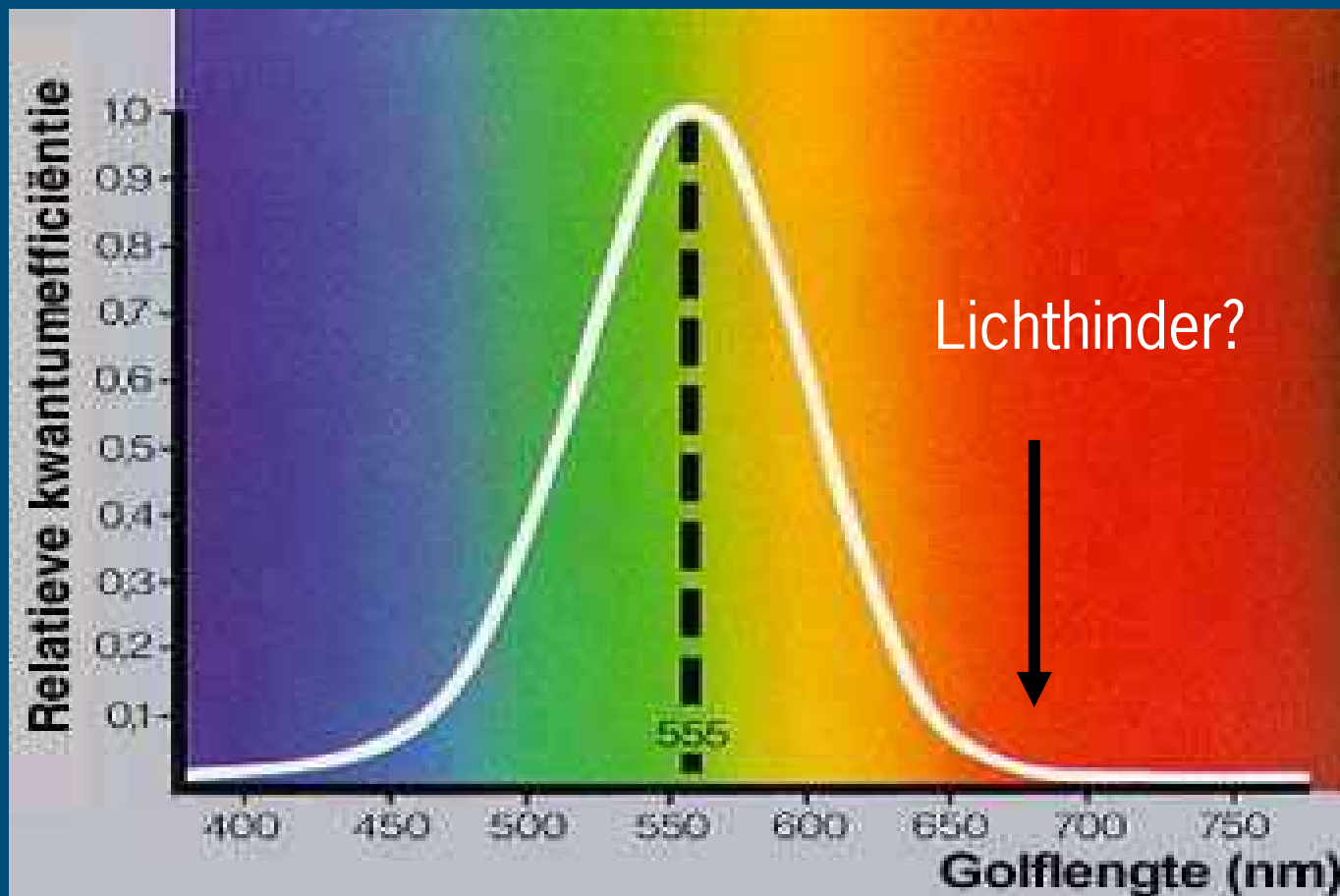


Planten gebruiken licht voor twee dingen:

- Voor de fotosynthese: **groeilicht**
 - Nodig: veel licht
 - 400 - 700 nm = PAR licht
- Voor de fotomorfogenese: **stuurlicht**
 - Nodig: specifiek licht
 - 300 - 450 nm = uv, violet, blauw
 - 600 - 700 nm = rood
 - 700 - 800 nm = verrood

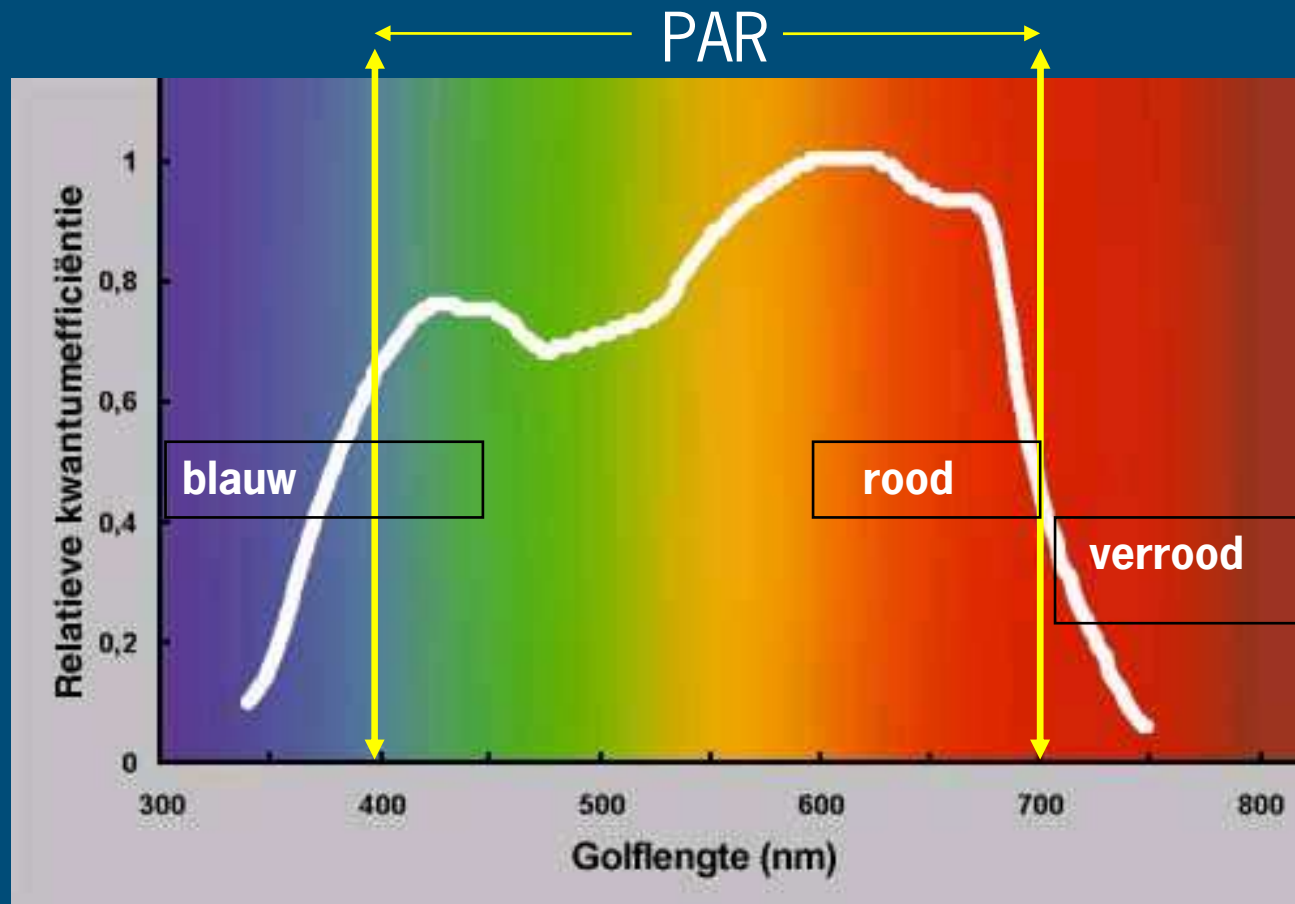
Welke straling of licht meten we?

Welke golflengtes ziet u en ik?



Welke golflengtes 'ziet' een plant?

Gemiddelde plantgevoeligheid (McCree, 1972)



Licht meten: voor welke doel!

- Pyranometers/**solarimeters** (W/m^2)
- Lichtcel/Luxmeters (Lux)
 - Licor: 350-780 nm, Wittich: 400-1100 nm
- Quantumcel/**PAR-meters** ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
 - Alleen tussen 400-700 nm
- Pyrgeometers (W/m^2)
 - (Uitgaande) IR straling: warmteverliezen

IJKING ZEER BELANGRIJK



Lichtspectrum en lichtmeting (1)

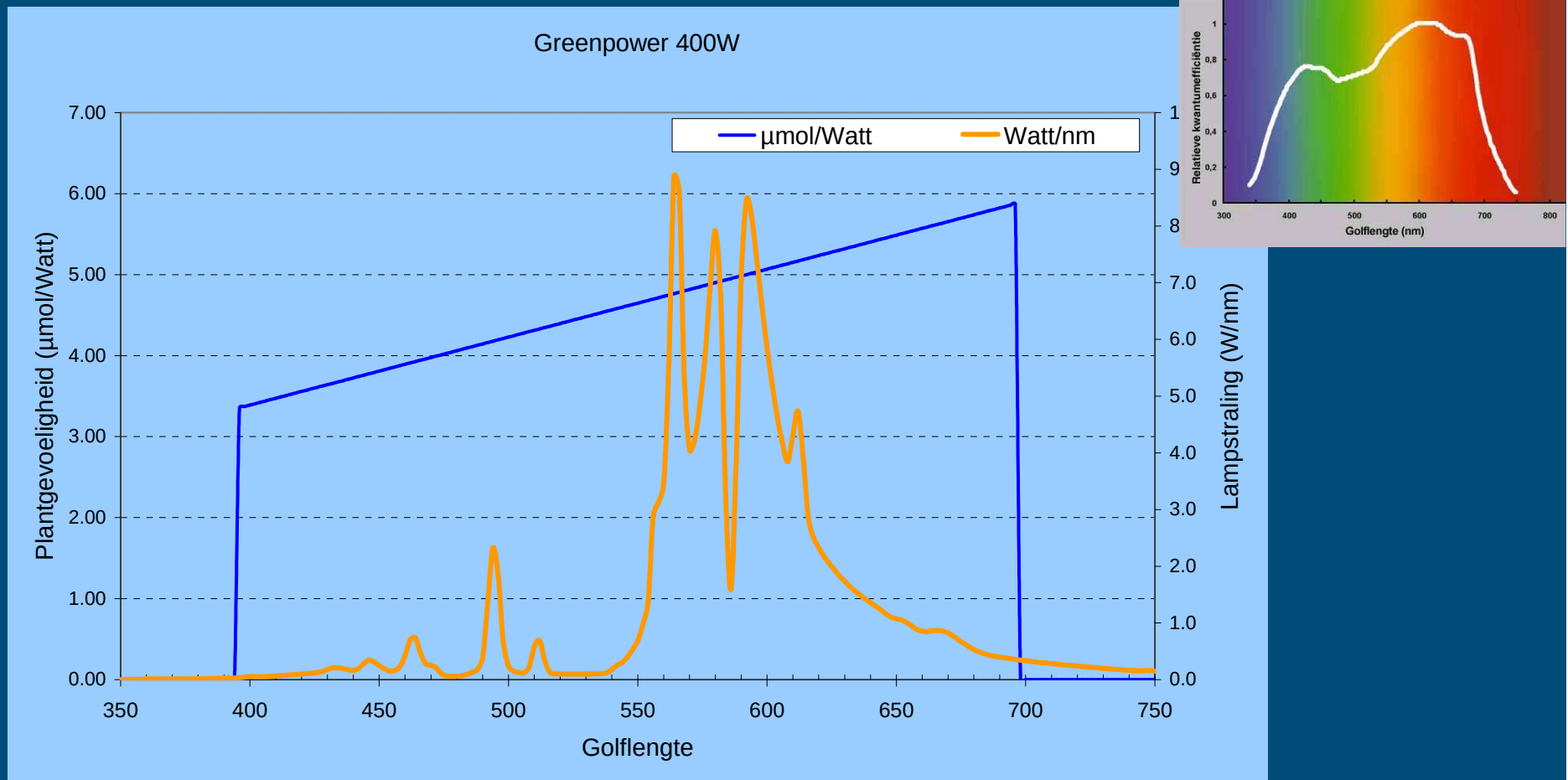
- **Solarimeter:** eenheid W/m^2 (en J/cm^2)
 - Meet totale stralingsenergie 300 - 2800 nm
 - Globale Straling(som)
 - Van belang voor klimaatbeheersing en verdamping
 - Blauw licht bevat meer energie en wordt door de solarimeter hoger gewaardeerd dan door de plant
- Stralingsenergie: ongeveer 45% bruikbaar licht, 50% warmte en 5% UVB

Lichtspectrum en lichtmeting (2)

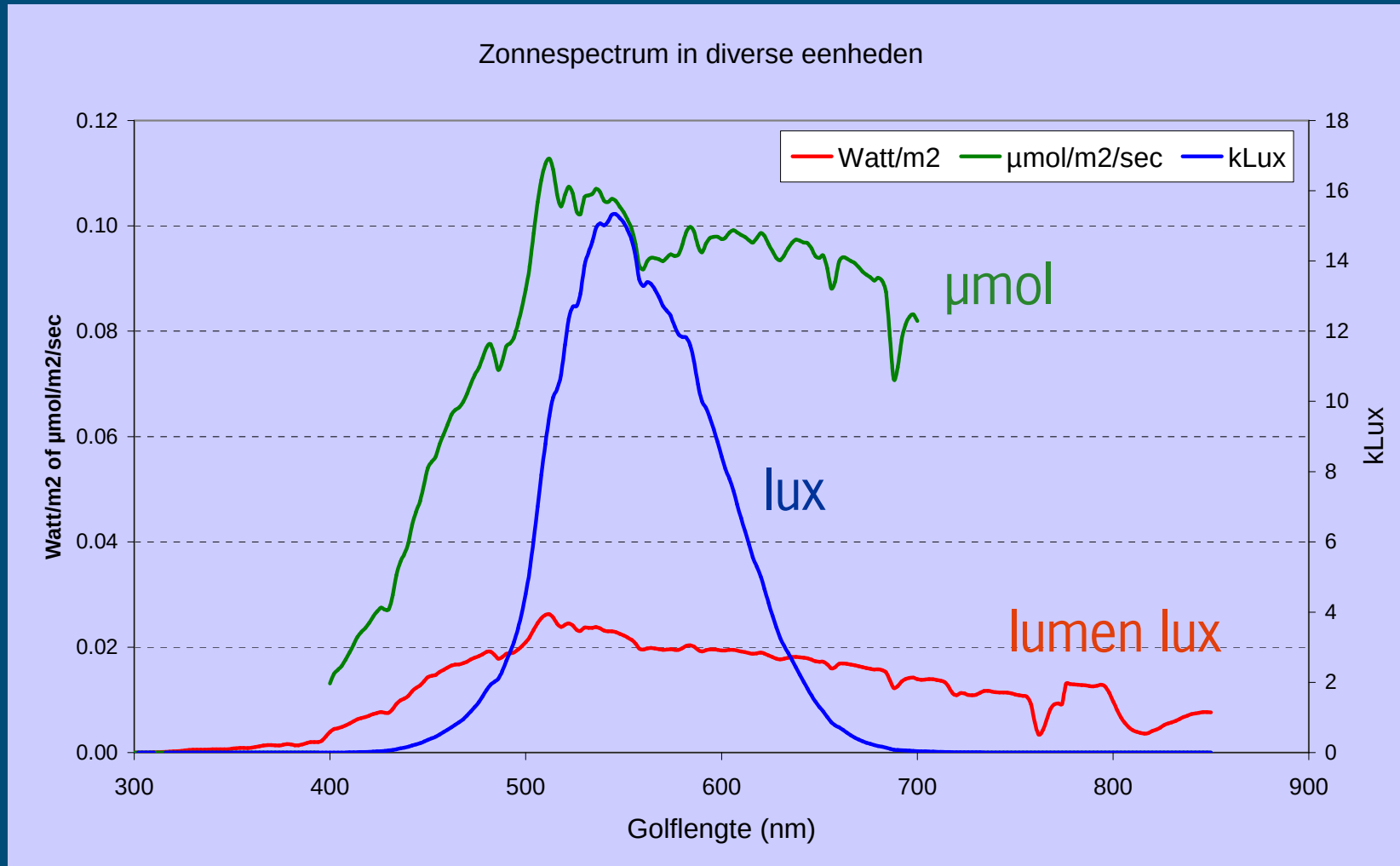
- Quantummeter of **PAR-meter**, eenheid $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
 - Meet fotosynthetisch actieve gebied 400-700 nm
 - Fotonenstroom (**P**hotosynthetic **P**hoton **F**lux **D**ensity): aantal (μmol) energiepakketjes dat per seconde een bepaald oppervlak treft
 - 1 μmol fotonen activeert 1 μmol chlorofylmoleculen: 1% meer licht = 1% meer groei
- Groeilicht: PPFD ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) enige betrouwbare grootheid

Lichtspectrum en lichtmeting (3)

- Hoe ziet een plant (lamp)licht? → Als een verzameling energiepakketjes



Lichtspectrum en lichtmeting (4)



Berekeningsfactoren voor PAR-gebied

W m⁻² → μmol m⁻² s⁻¹ → Lux		
	μmol/m ² /s per W/m ²	Lux per μmol/m ² /s
Lichtbron	400-700 nm	400-700 nm
Daglicht diffuus	4.57	54
Heldere lucht	4.24	52
HD-natrium	4.95	82
Halogeen	4.59	71
Kwik	4.52	84
TL warm-wit	4.67	76
TL koel-wit	4.59	74
Gloeilamp	5.00	50

Maar alleen door te meten kom je het precies te weten!

Boodschap:

- Meet groeilicht in micromolen PAR!
 - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
 - Is een maat voor het aantal bruikbare lichtdeeltjes (fotonen) dat een plant ontvangt
- Voordeel:
 - Je weet waar de plant aan toe is
 - Je kunt licht van verschillende lichtbronnen berekenen en optellen

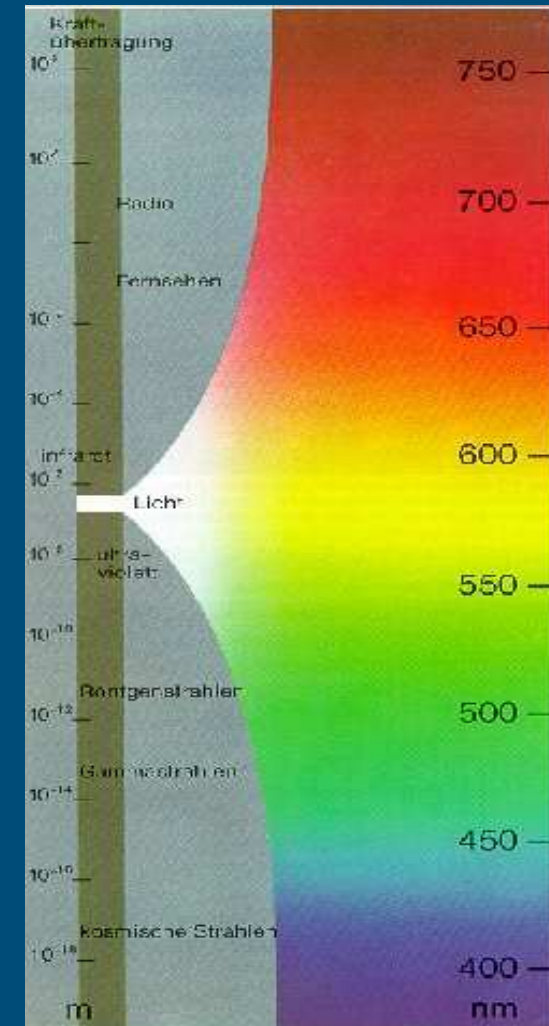
Respons op lichtkleur: fotomorfogenese of stuurlicht

- Lichtkleur stuurt belangrijke ontwikkelingsprocessen
 - Effect op de vorm van de plant
 - Waarnemen dag-nacht
 - Seizoenen (daglengte)



Stuurlicht

- Ook tussen 350-450 nm en >660 nm
- Voor de fotosynthese 'niet' van belang
- Voor de plantvorm en bloeisturing wel van belang
 - Rood/verrood verhouding: laag: → lange planten
 - Hoeveelheid blauw licht: veel blauw → korte planten
 - Blauw nodig voor reactie op R/VR



Blauw licht betrokken bij:

- Vorming bladgroen en bladgroenkorrels
- Opening van de huidmondjes
- Streckingsgroei: meer blauw, minder strekking
 - Positief voor potplanten
 - Bladoppervlak: minder blauw, groter bladoppervlak
 - Positief bij bladgroenten
- Normale ontwikkeling bij 6% blauw
 - Zonlicht ~ 27% blauw; SON-T ~ 6% blauw
 - Er is voldoende blauw in zonlicht – ook 's winters

Blauw licht

Lampkleur	% blauw
Wit	18
Amber	4
Oranje	2



Ultraviolet licht (300 – 400 nm)

- Strecking, afharden
- Bloemkleur
- Bladkleur
- Minder bladgroen

NB: insecten en schimmels gevoelig voor UV!

Intensievere kleuring door meer UV

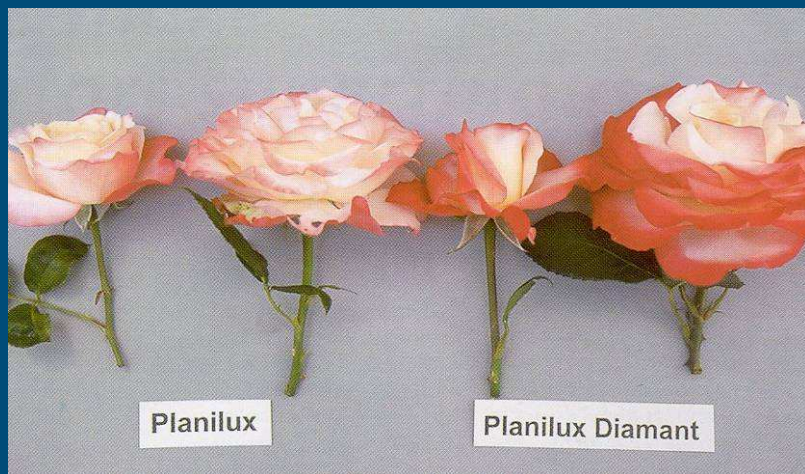
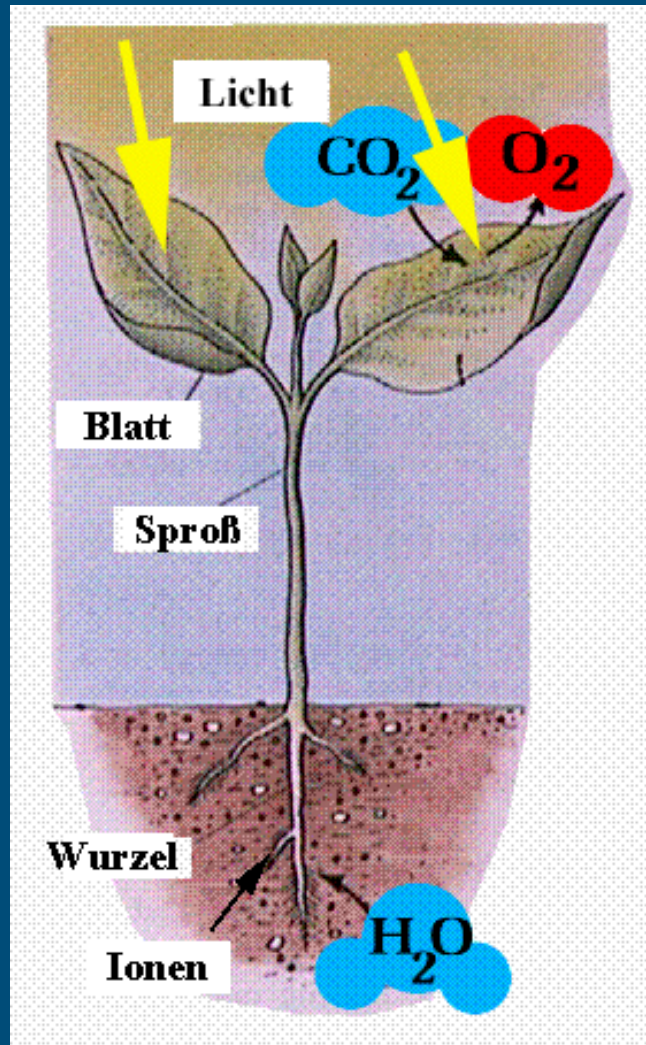


Foto: onderzoek Beßler, LVG Ahlem

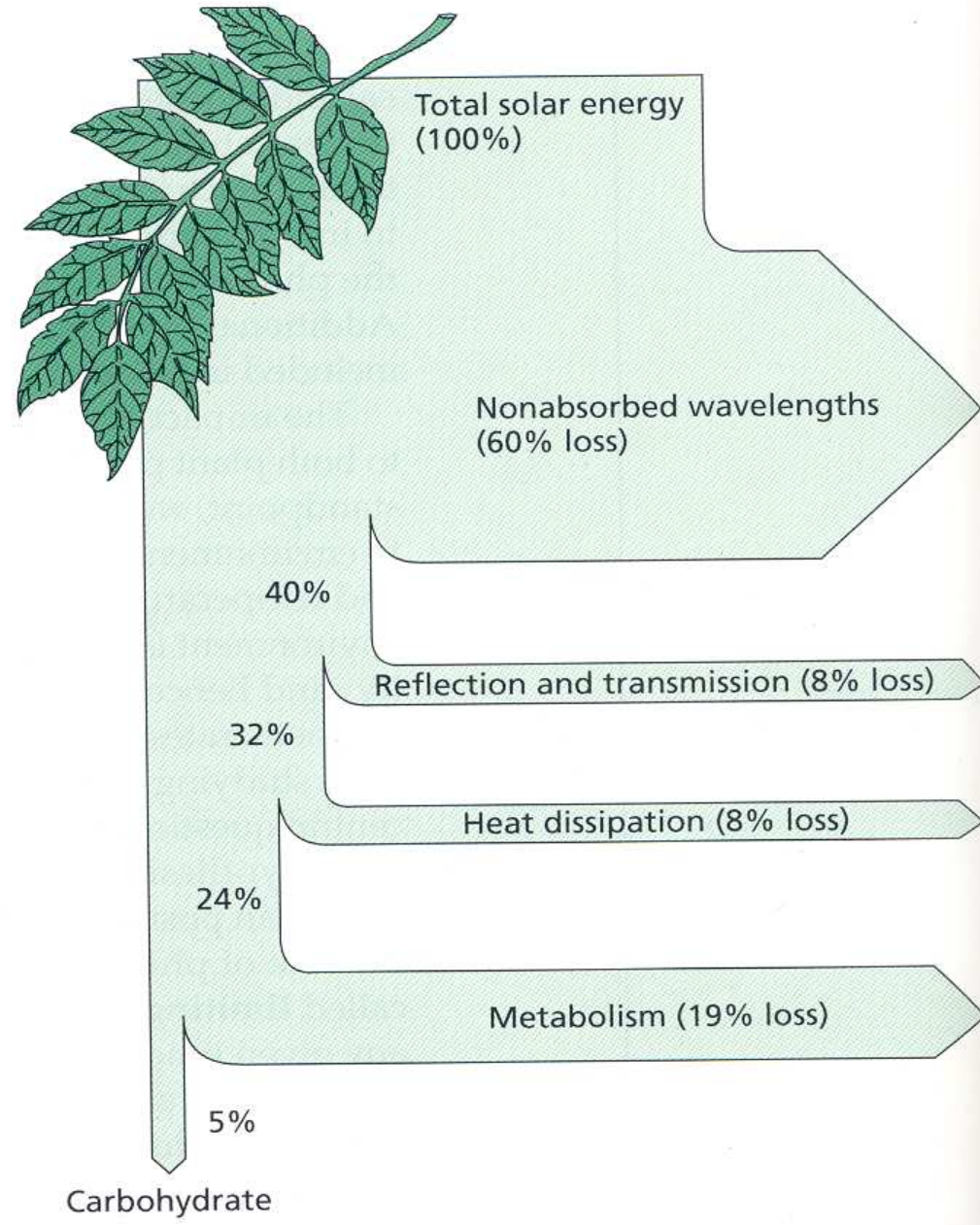


Groeilicht: fotosynthese



- Bruto reactieformule:
 - $6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} + \text{licht} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- Lichtreactie: opvangen van licht, splitsing water, omzetten in bruikbare energie (ATP, NADP)
- Donkerreactie: met dit energie wordt CO_2 omgezet in suikers
- Groei: suikers worden omgezet in bouwstoffen

- Hoe efficiënt is het hele proces van absorptie tot droge stof productie?



Diffuus licht: benutten natuurlijk (groei)licht

Winter: 80% diffuus licht

Zomer: 60% diffuus licht

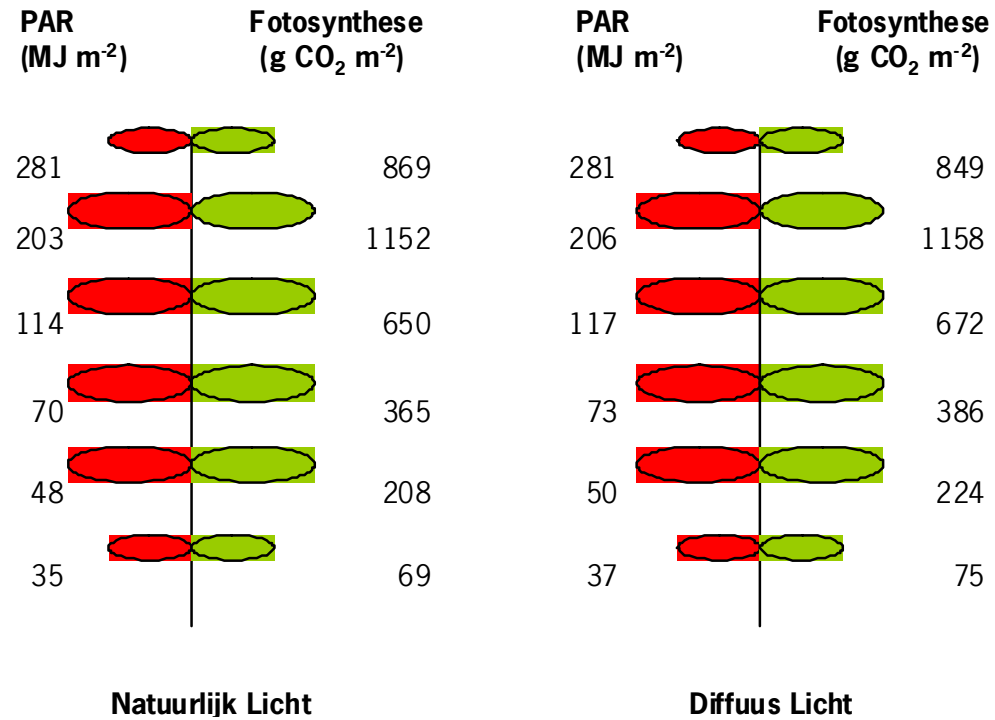
Voordelen:

Gelijkmatig licht (geen slagschaduw)

- Beter lichtdoordringing in het gewas
- Minder kans op lichtverzadiging
- Milder micro-klimaat

Theorie

Komkommer - Winterteelt



Winterteelt
Gewasfotosynthese: +1.5% bij diffuus licht.
Jaar productie +3.0% (+0.7 kg m⁻²).

Diffuus Licht – hoe ziet dat eruit?

Bepaalde kasdekmaterialen kunnen licht verstrooien, waardoor direct licht omgezet wordt in diffuus licht



50%



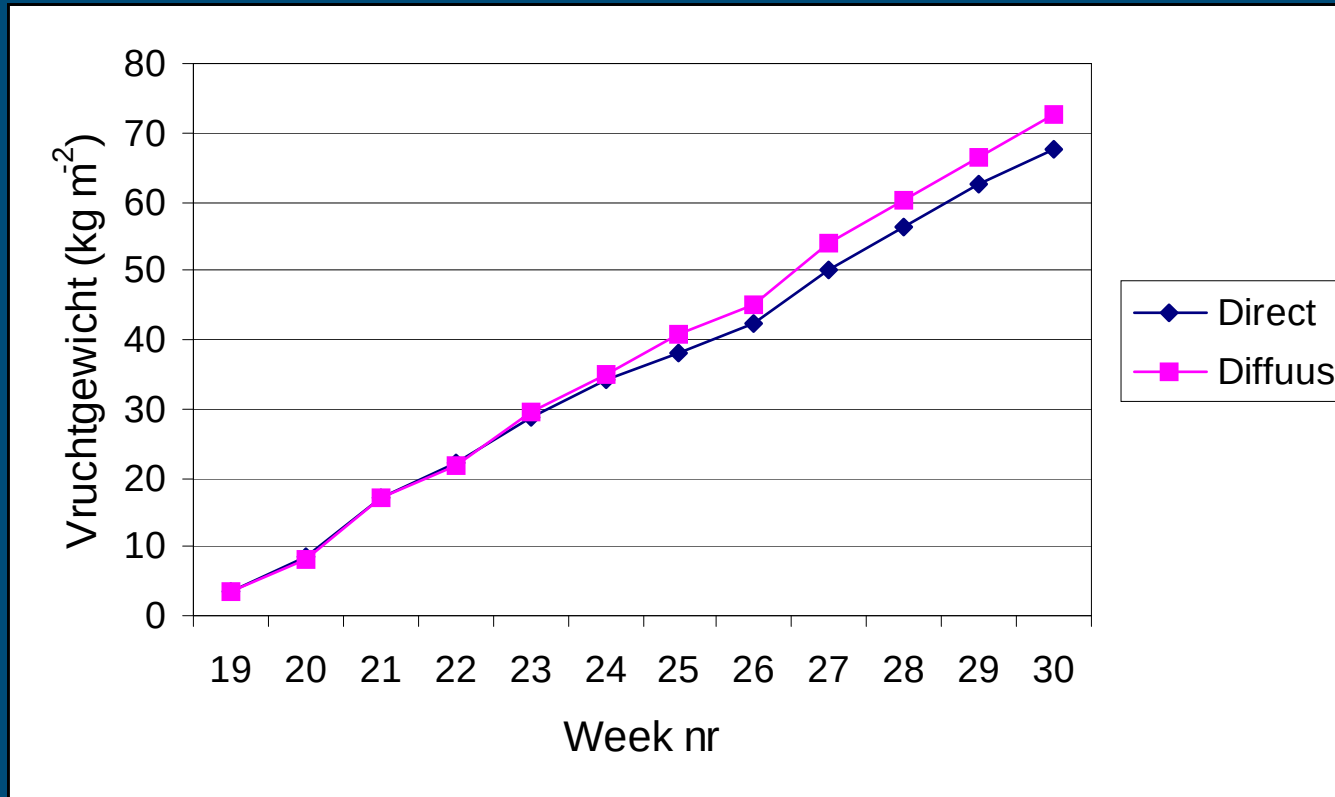
0%

Haze

Diffuus licht en komkommer



Diffuus licht – productie bij komkommer



Diffuus +6% (bij 4% minder licht)

Berekend bij gelijk lichtintensiteit +8%

Diffuus licht – wat weten we ervan?

Lichtonderschepping:

- Meer middenin het gewas
- Meer in ochtend/middag dan vroeg/laat op de dag

Fotosynthese:

- Meer bij normale (zomerse) lichtomstandigheden

Vermoedelijk:

- Betere micro-klimaat in het gewas

Belichting en PAR (groei)licht

- Belichtingduur vs belichtingintensiteit

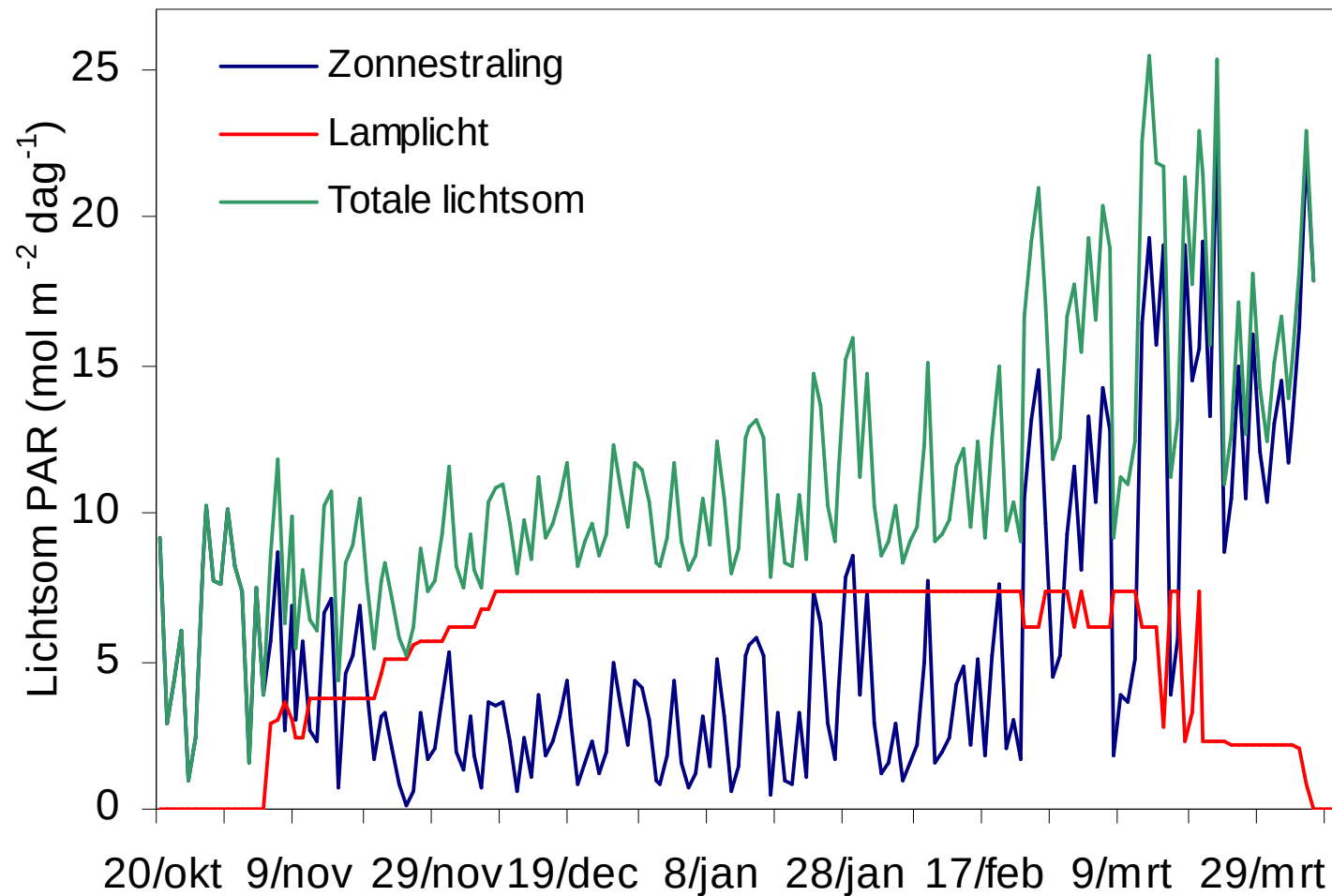
Belichting tomaat: belichtingduur vs. intensiteit



Behandelingen (tot week 14)

Nr	Lichtduur	Lichtintensiteit		Lichtsom		Licht aan
	(uur)	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	lux	$\text{mol}/\text{m}^2/\text{dag}$		(uur)
1	12	162	12.500	7.0		4:00-16:00
2	15	162	12.500	8.8		1:00-16:00
3	18	162	12.500	10.5		22:00-16:00
4	18	135	10.400	8.8		22:00-16:00

Belang van lamplicht in de winter

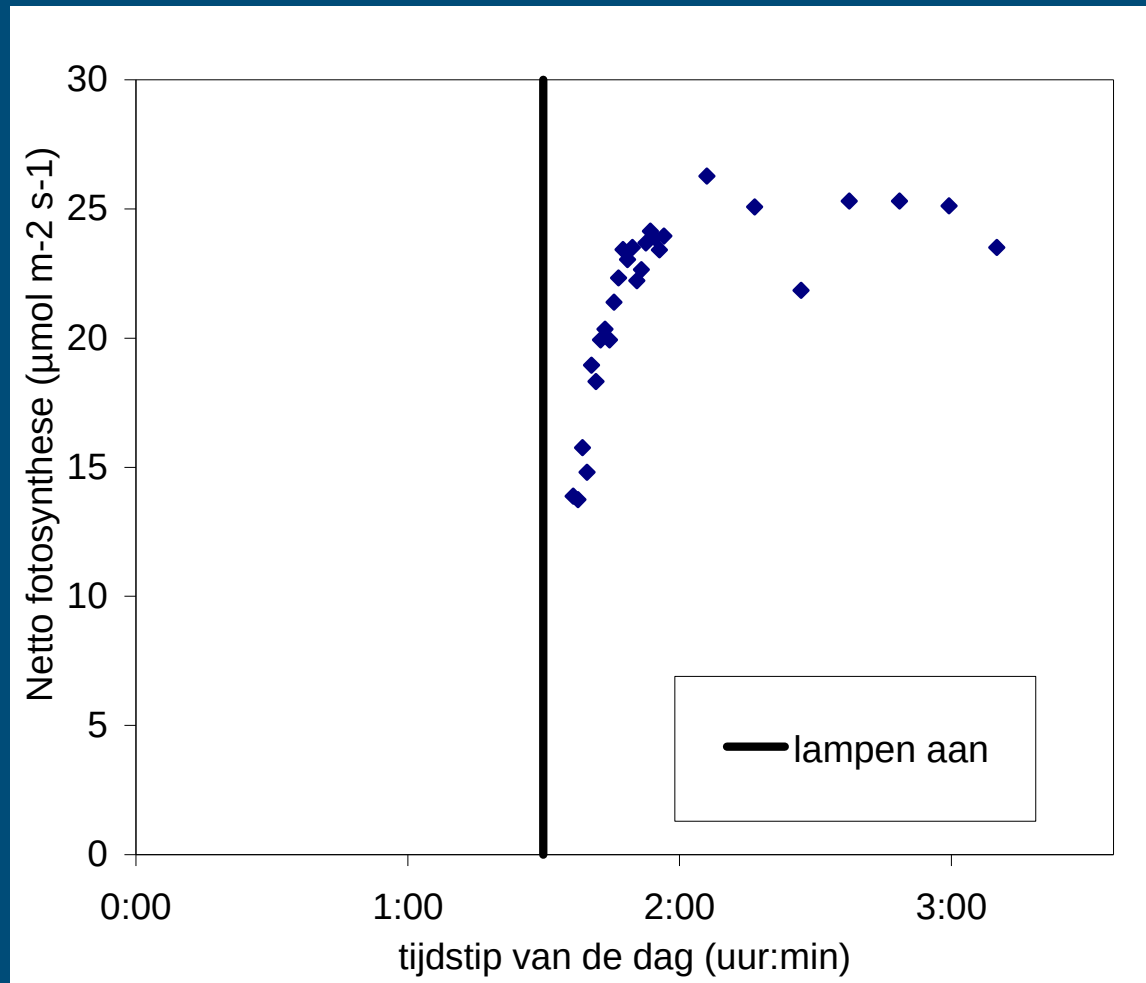


Aandeel
lampen:

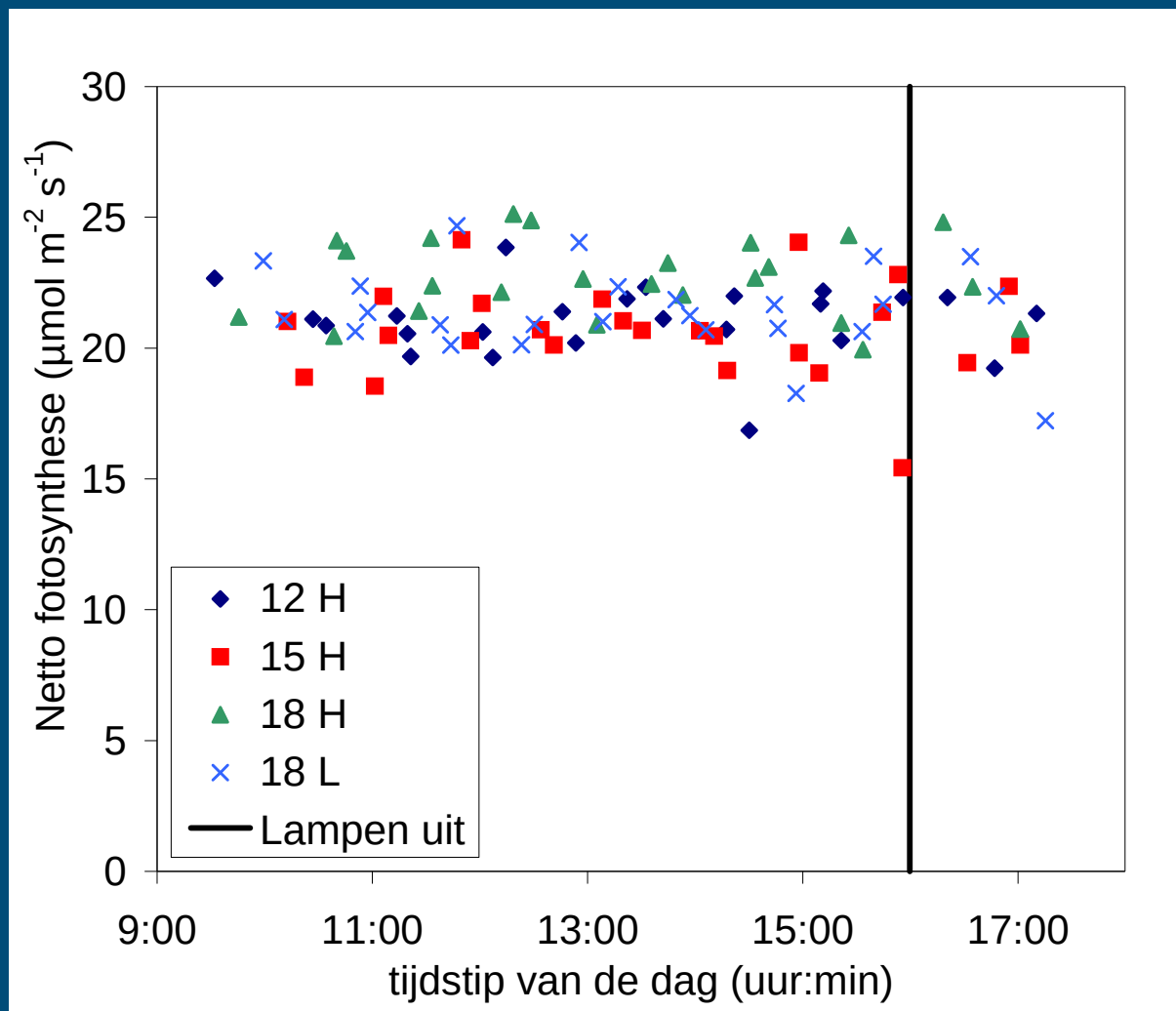
t/m wk 14:
55%

t/m wk 30:
25%

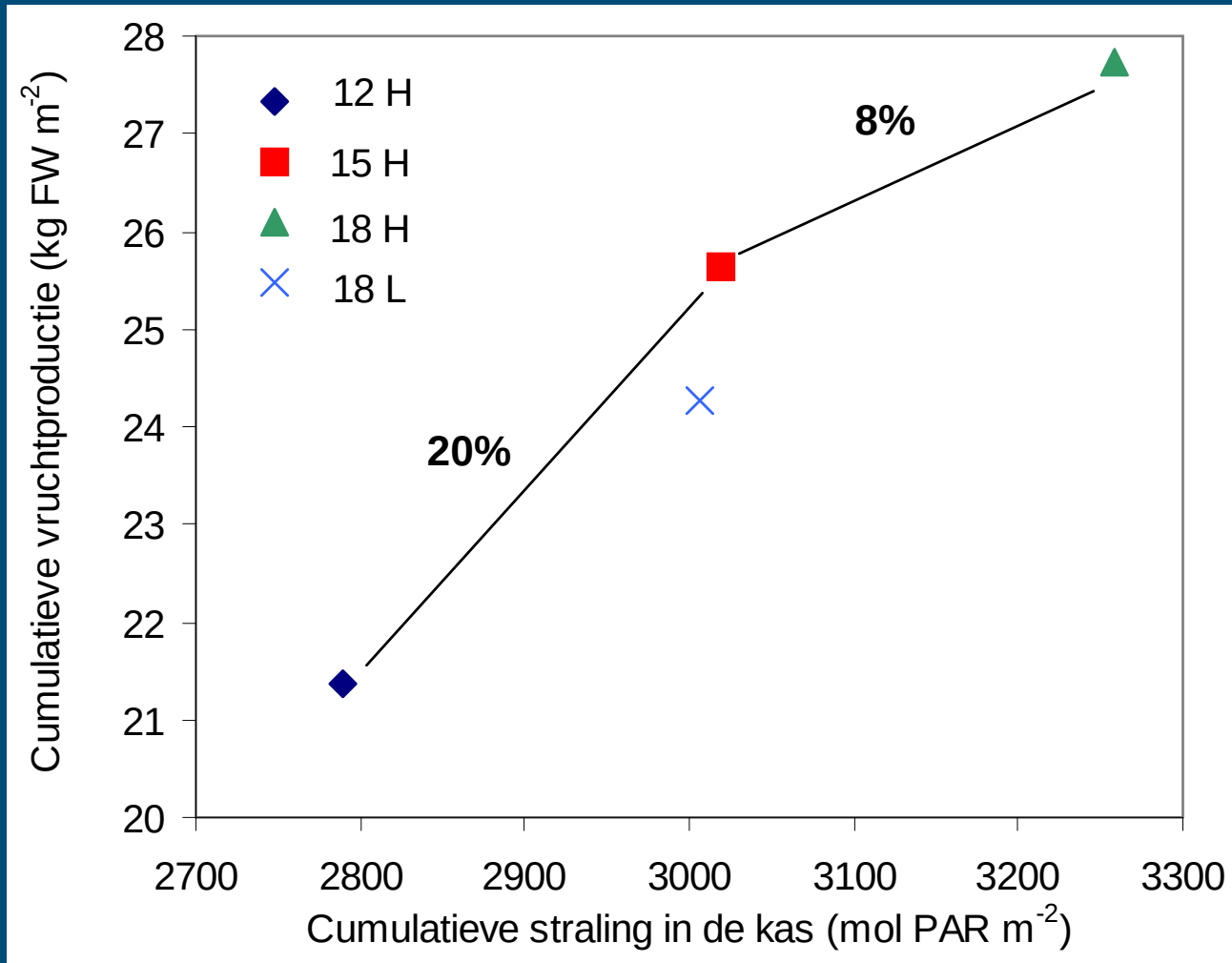
Fotosynthesecapaciteit bij start belichting



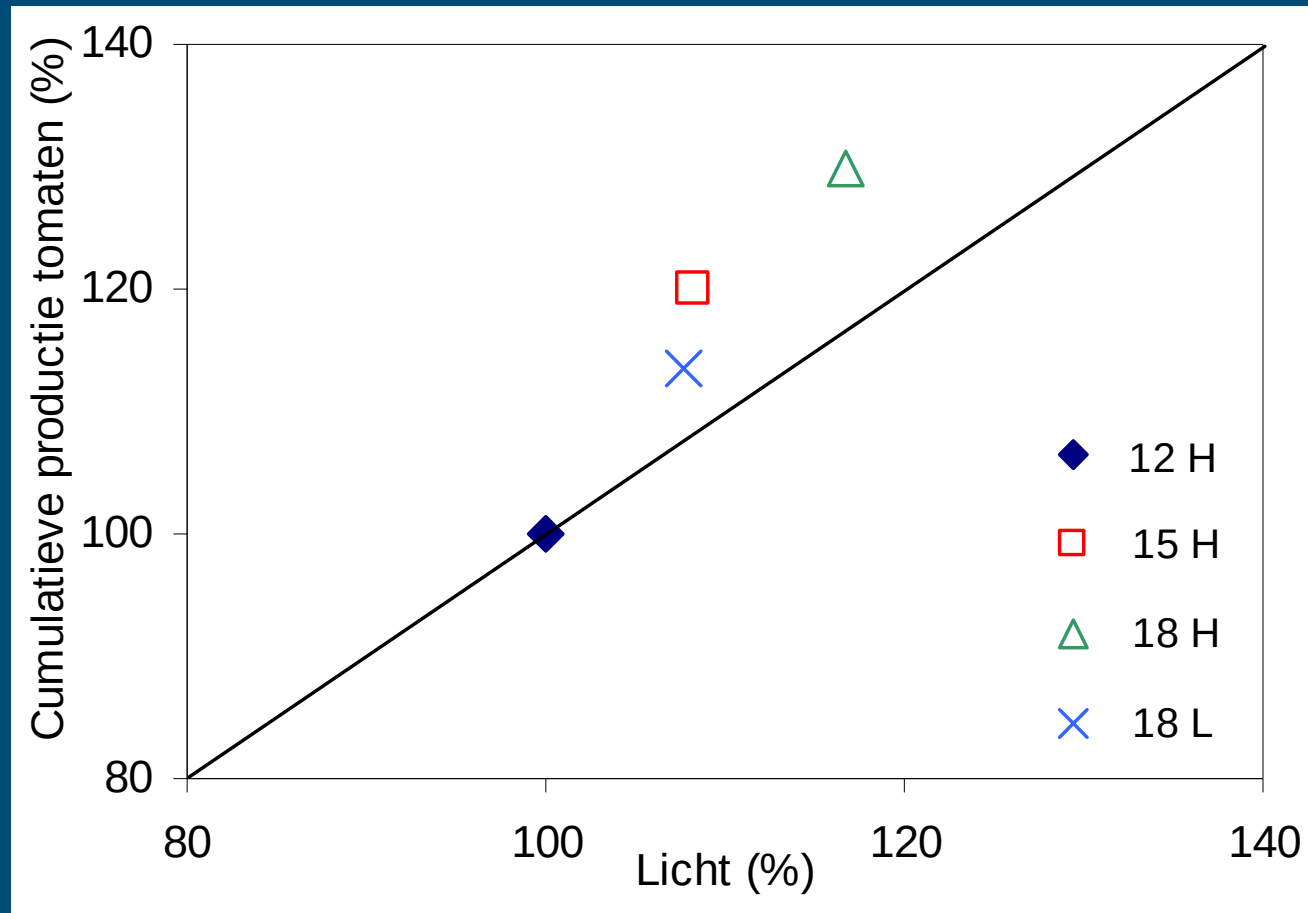
Netto fotosynthesecapaciteit dec/jan/feb/juli



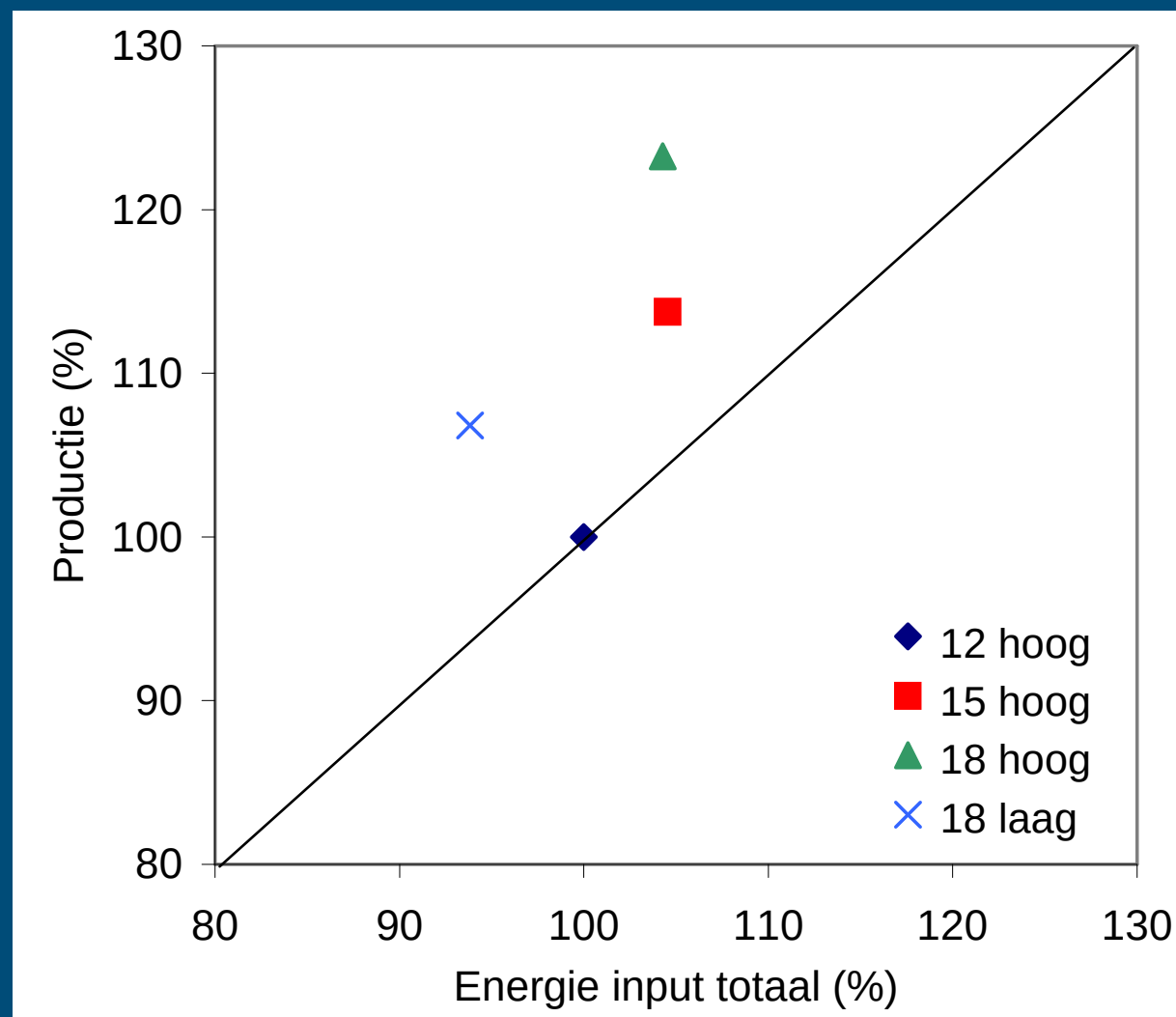
Productie ~ totale lichtsom (t/m wk 20)



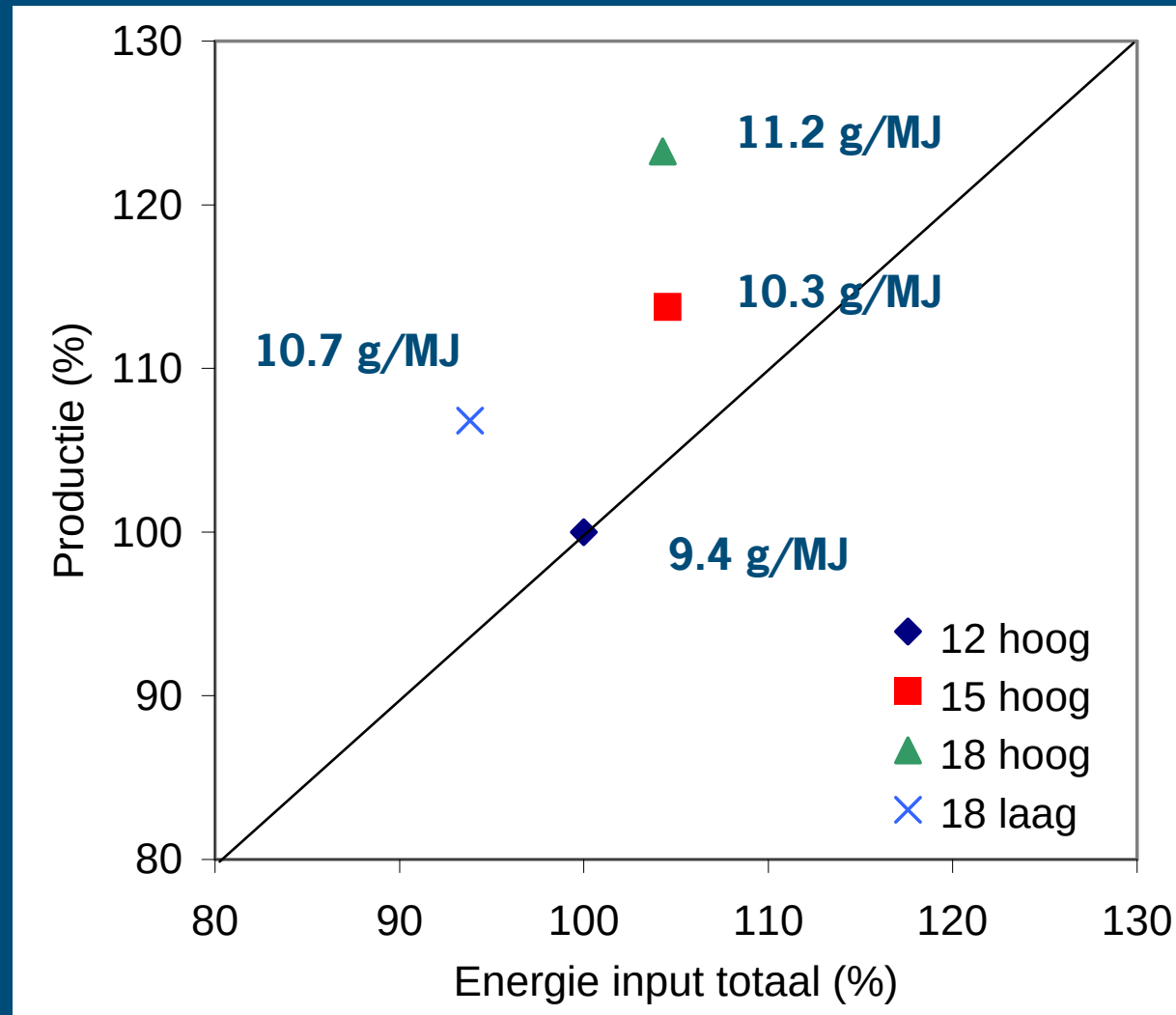
Productie in relatie tot licht



Energie efficiëntie: belichtingsperiode



Energie efficiëntie: belichtingsperiode



Toepassing belichting in de praktijk

- Verhogen dagsom in winter werkt vrijwel altijd positief
- Benut natuurlijk licht!
 - 1% licht is 0.5 tot 0.8 % productie
- Zorg voor optimale CO₂,watergift, plantafstand etc.
- Gebruik van gekleurde folies voor sturing plantgroei en vorm
 - Bijna altijd verlies van groeilicht!
 - Afwegen voor- en nadelen

Licht in de tuinbouw in de toekomst?

- Intelligent kasdek
 - Hoge transmissie (winter)
 - Kleur 'op bestelling'
 - Warmtestraling scheiden van PAR-straling 'op bestelling'
- Intelligente assimilatiebelichting
 - Optimalisatie PAR per kWh: kan zijn meer PPFD in $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ maar minder Lux!
 - Warmtestraling scheiden van PAR-straling 'op bestelling'
- Toepassing van LED's als assimilatiebelichting

Bedankt voor uw aandacht

© Wageningen UR



WAGENINGEN UR

For quality of life