

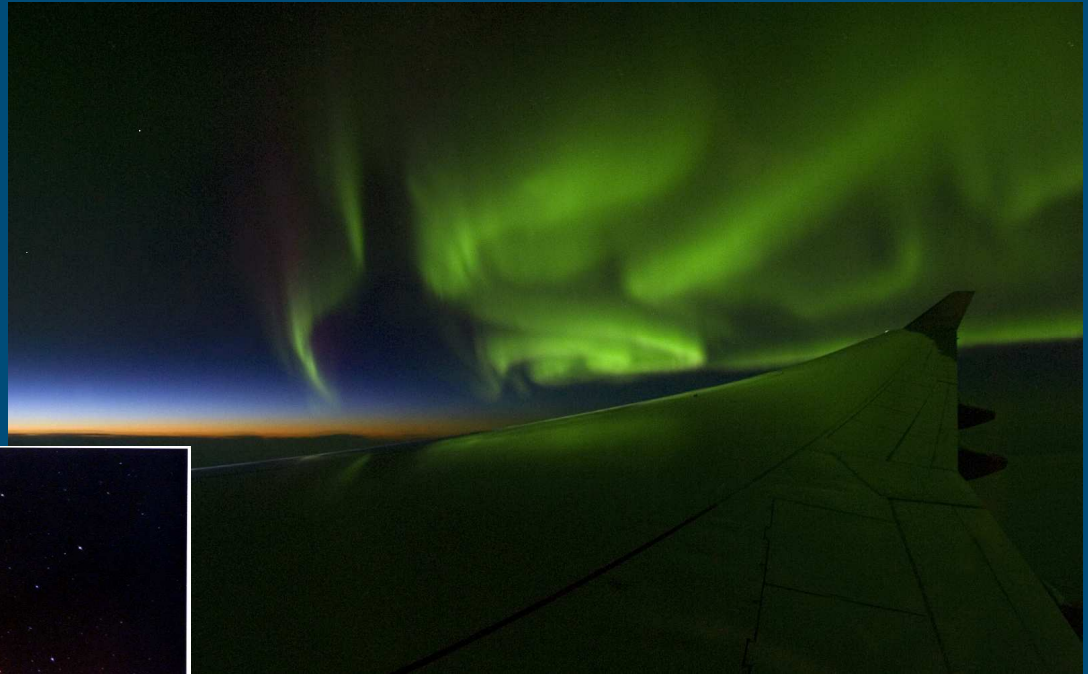
Licht effecten en plant responsen

Tom Dueck, Wageningen UR Glastuinbouw

Lezing DLV, Wageningen, 29 juni 2009



Wat is licht?



WAGENINGENUR

For quality of life

Canadese noorderlicht



Inhoud

- Wat is licht?
- Het spectrum (in de tijd)
- Invloeden van licht
 - chloroplasten
 - huidmondjes
 - assimilaten verdeling
 - morfologie
- **Diffuus Licht: een experiment**
- Lopende experimenten

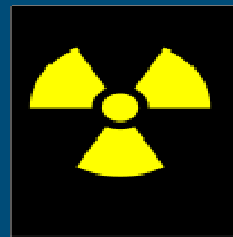
1. Wat is licht?

- Energie pakketjes (fotonen)
- Licht komt in verschillende golflengtes (kleuren), die wij en planten kunnen zien
- Licht komt in golflengtes tussen 400 – 700 nm

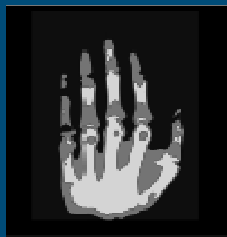
Fotonen

- Licht = straling, ook 'deeltjes' of 'pakketje energie'
- Dit heet een foton of quantum ($1 \mu\text{mol} = 1 \times 10^{17}$ fotonen)
- $1 \mu\text{mol}$ geabsorbeerd fotonen zet $1 \mu\text{mol CO}_2$ om (1% regel)
- Fotonen van verschillende kleur hebben verschillende energie inhoud

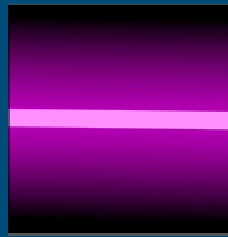
Wat is straling en licht?



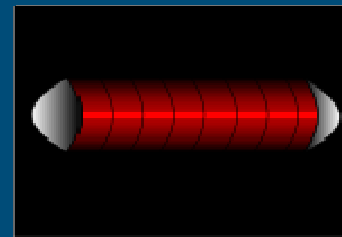
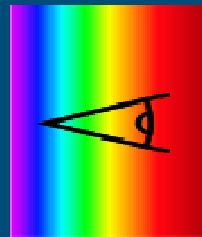
0.01nm



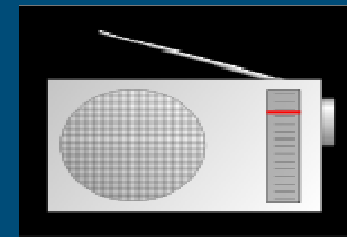
1nm



100nm



1mm



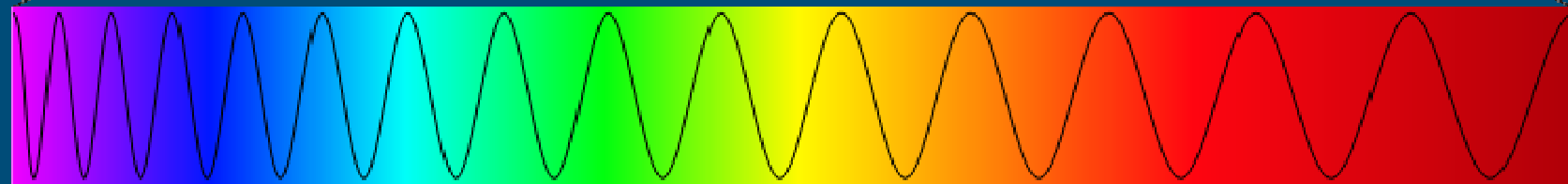
1cm

1m

1km

400nm

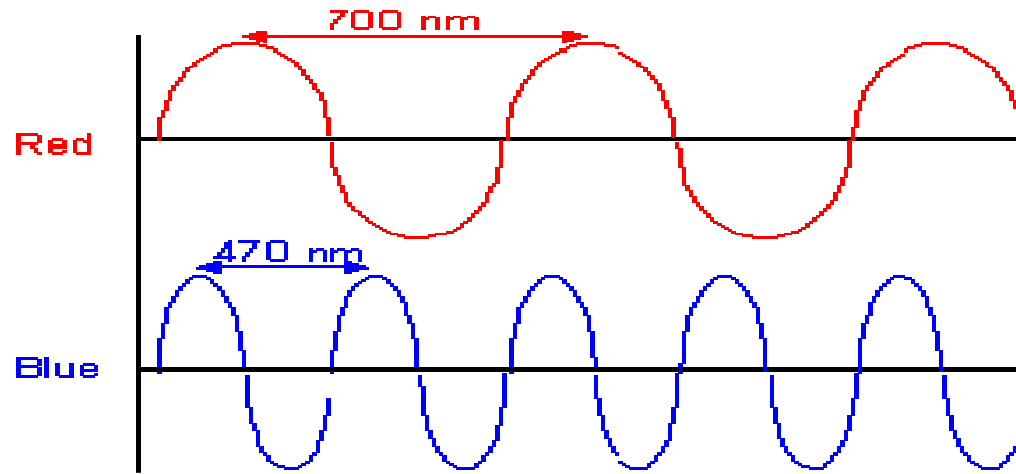
700nm



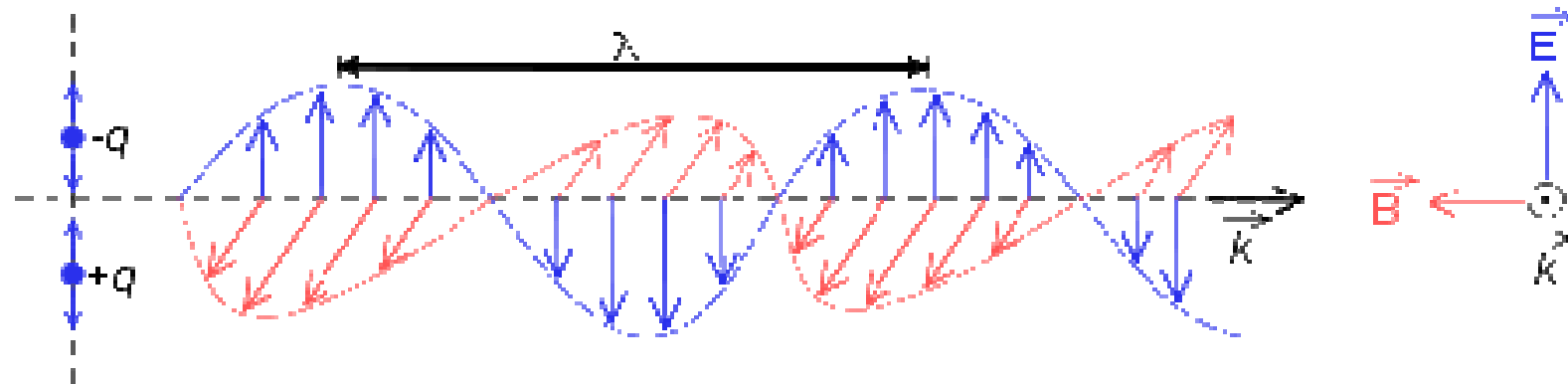
WAGENINGEN UR

For quality of life

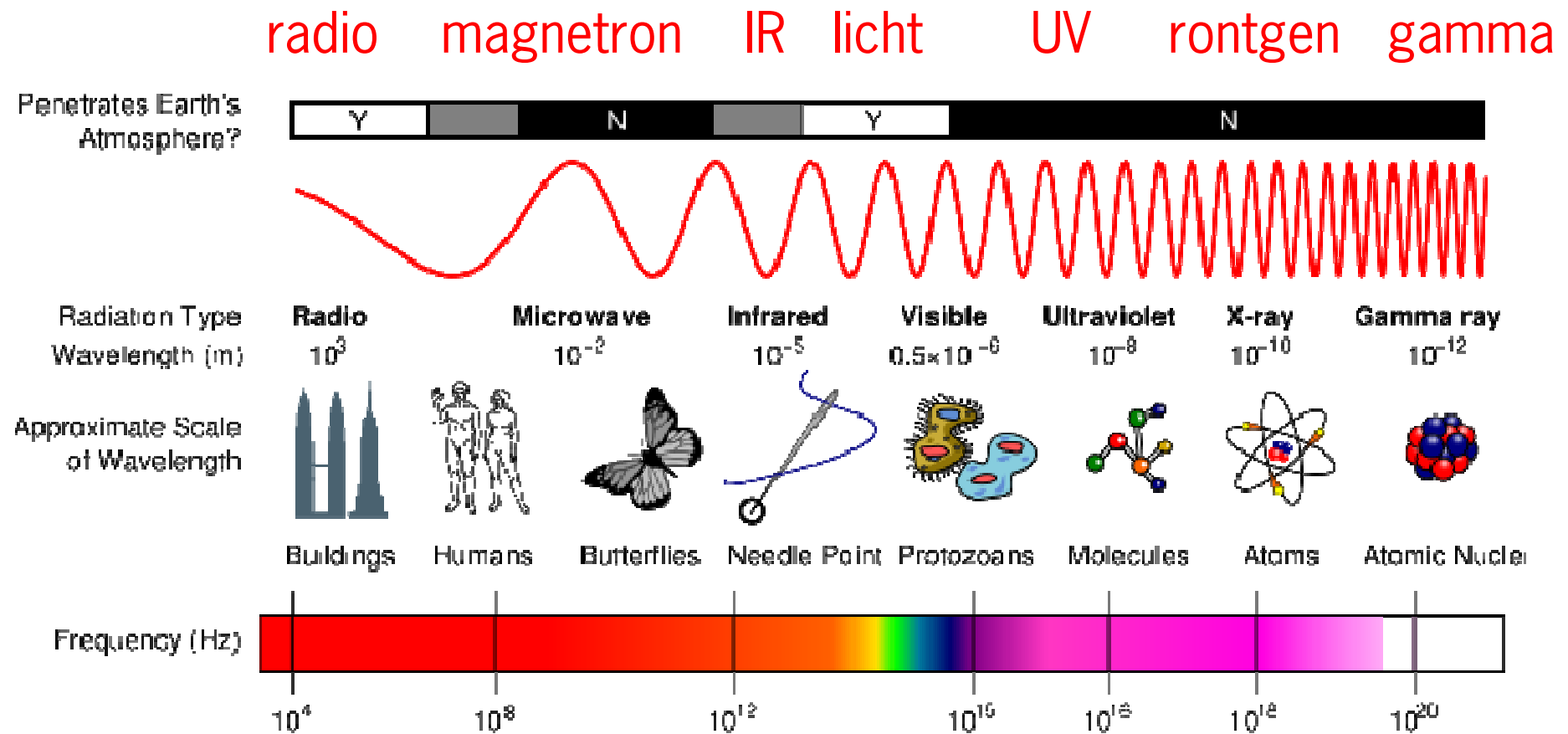
Straling & golflengte



Golflengte is
afstand tussen
2 toppen
(of 2 dalen)



Soorten straling (met golflengte)



Afkortingen

PAR = Photosynthetic Active Radiation

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

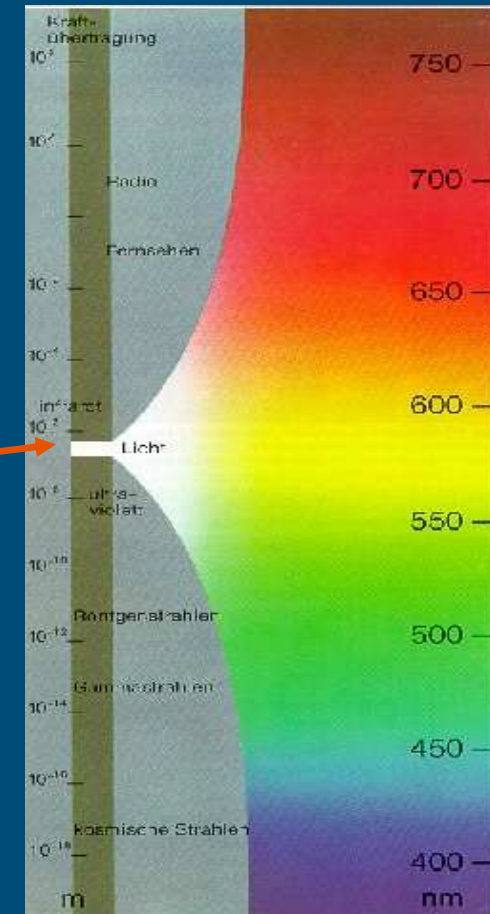
PPFD = Photosynthetic photon flux density

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

- nm = nanometer = 1 miljardste meter (10^{-9} m)
- 1 mol = vast aantal deeltjes ($6 \cdot 10^{23}$)
- μmol = micromol = 1 miljoenste mol (10^{-6} mol)

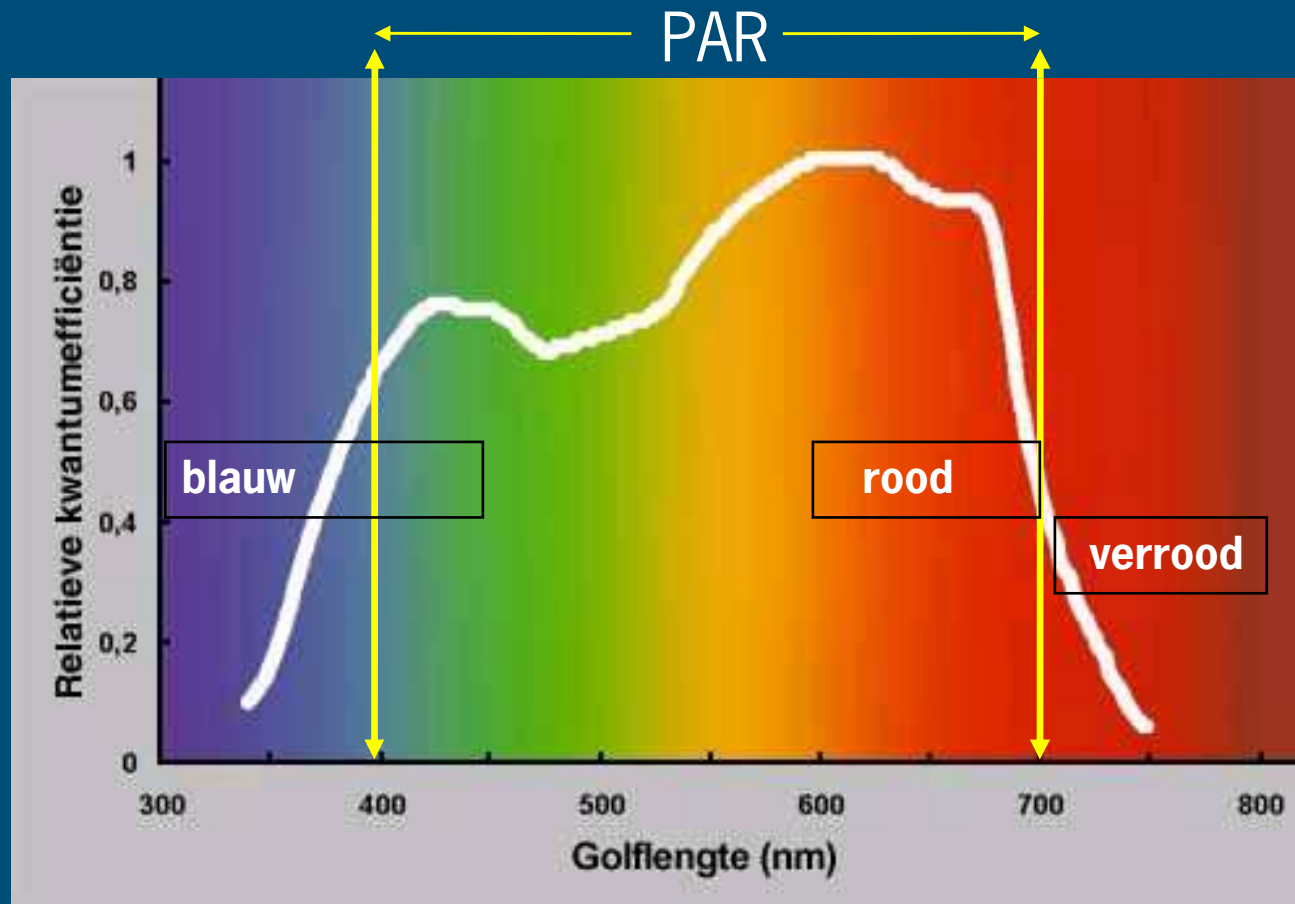
Zonlichtspectrum

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



Welke golflengtes 'ziet' een plant?

Gemiddelde plantgevoeligheid (McCree, 1972)



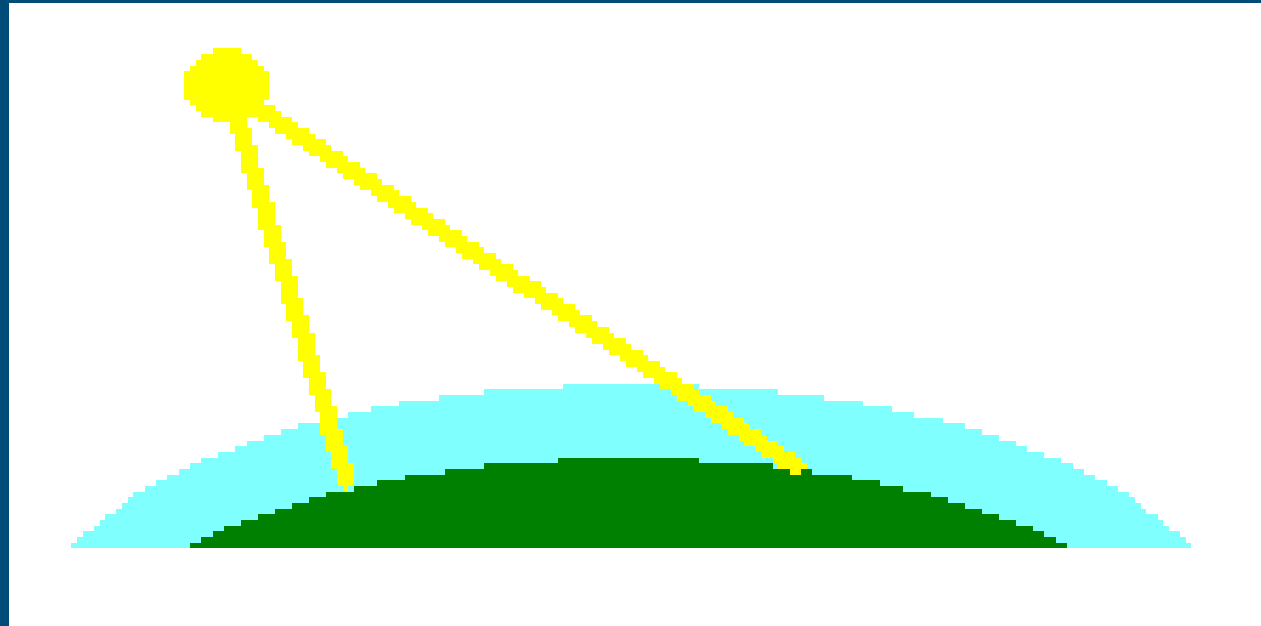
Planten gebruiken licht voor twee dingen:

- Groei (fotosynthese) → Groeilicht
 - PAR, hele spectrum (400-700 nm)
 - Lichtintensiteit, duur, lichtsom
- Ontwikkeling (fotomorfogenese) → Stuurlicht
 - Deel PAR (300-450 nm/uv, violet, blauw; 600-700 nm/rood; 700-800 nm/verrood)
 - Lichtkleur, daglengte

2. Spectrum (in de tijd)

- Wanneer moleculen (lucht) of partikelen (stof) klein zijn i.r.t. golflengte (van licht) verstrooien ze het licht beter
- Lucht verstrooit licht (blauw, violet) 3-4x beter dan rood licht, ergo blauwe lucht (menselijk oog is gevoeliger voor blauw dan voor violet)

Spectrum gedurende de dag



12 uur (90°) - licht gaat door relatief weinig lucht/stof

17 uur (kleinere hoek) – licht gaat door meer lucht/stof;
verstrooit violet/blauw, dus meer rood bereikt aarde

Spectrum winter/zomer

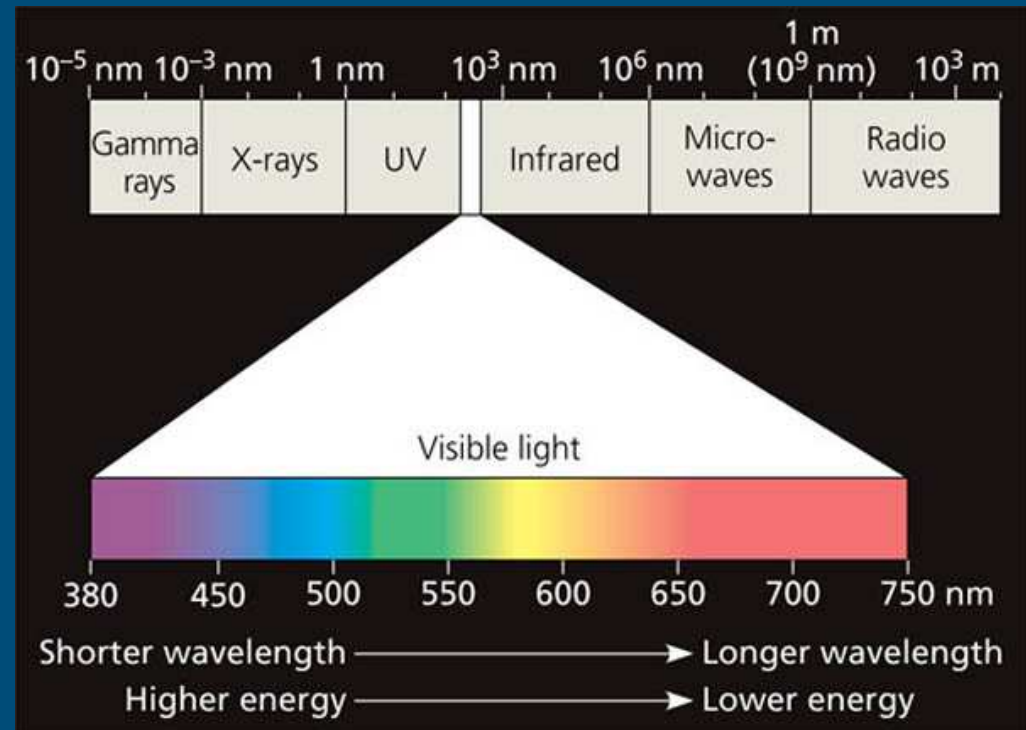
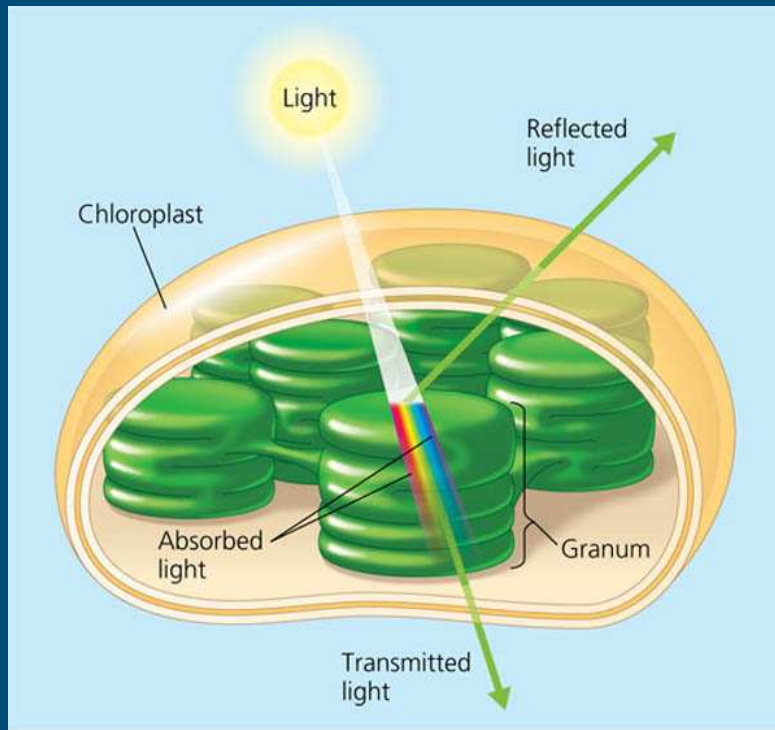
- Aarde 23° t.o.v. zon
- Winter – zon nog lager aan horizon, dus dag-effect vergroot
 - Intensiteit wordt verlaagd
 - UV en violet bijna helemaal uitgefilterd

Spectrum en schermen

- Op specifieke schermen na (NIR scherm) wordt spectrum niet beïnvloedt

3. Licht en chloroplasten

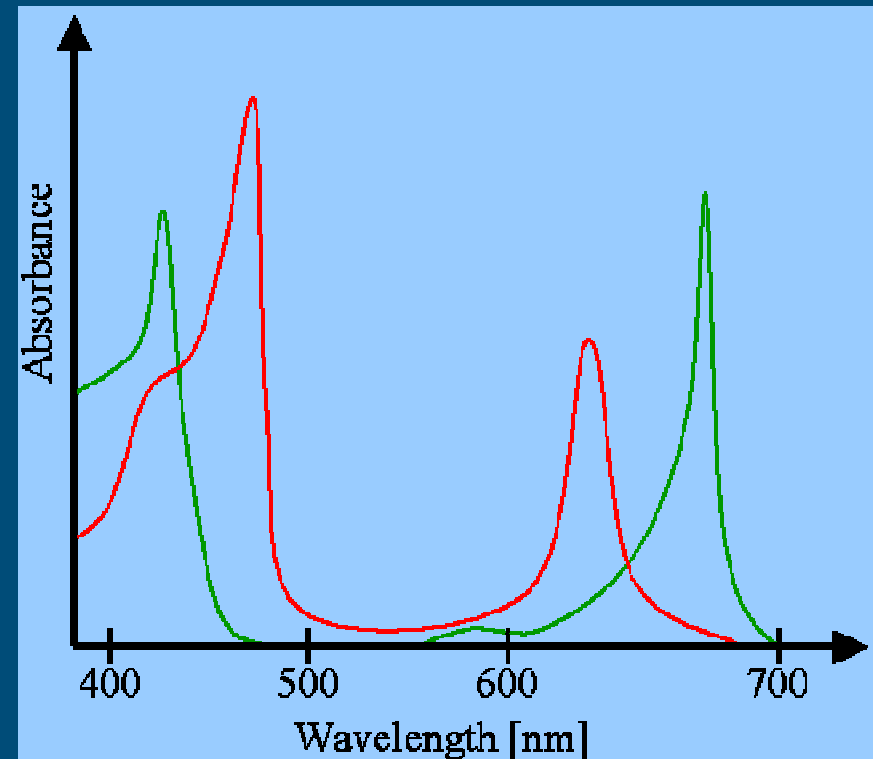
- Licht wordt geabsorbeerd door chlorofyl



- Niet-geabsorbeerde kleur = reflectie + transmissie

Actieve golflengten?

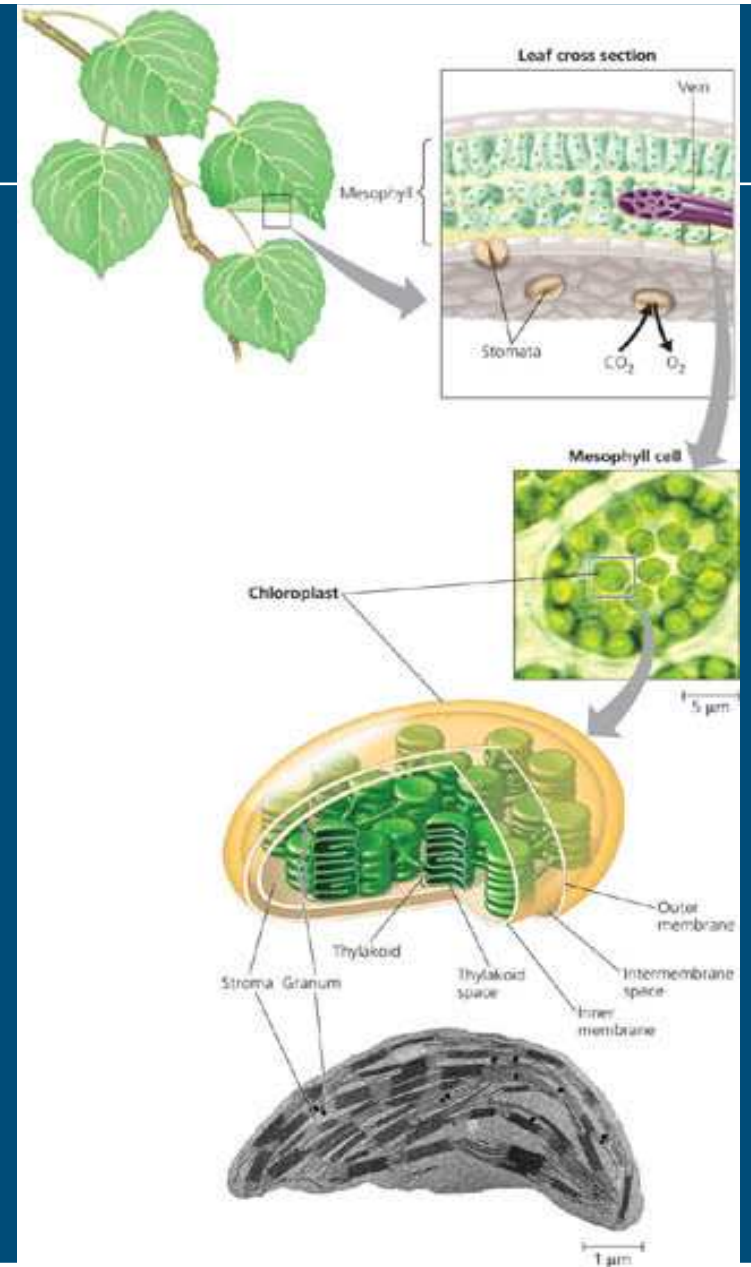
- Licht geabsorbeerd in pigmenten in chloroplast: chlorofyl a en b, carotenoiden
 - Chlorofyl a,b: beide fotosynthetisch actief
 - Carotenoiden: fotoprotectie, antioxidant
 - Actiespectrum = $\lambda_{Chla} + \lambda_{Chlb}$
- Fotosynthetisch actieve golflengte?
 - Violet-blauw en rood
- Groen wordt niet direct geabsorbeerd



Absorptie van chlorofyl a (groen) en b (rood)

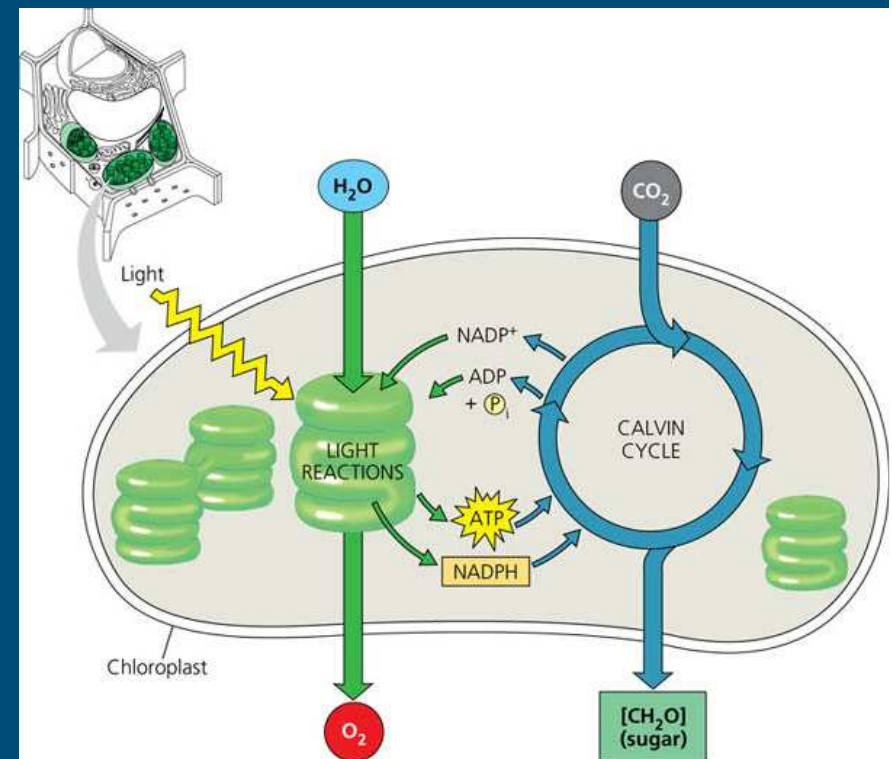
Fotosynthese

- Chloroplast
- Plaats voor fotosynthese
- Chloroplasten in alle groene plantendelen
- 0,5 miljoen chloroplasten/mm²
- 30-40 chloroplasten/mesofylcel

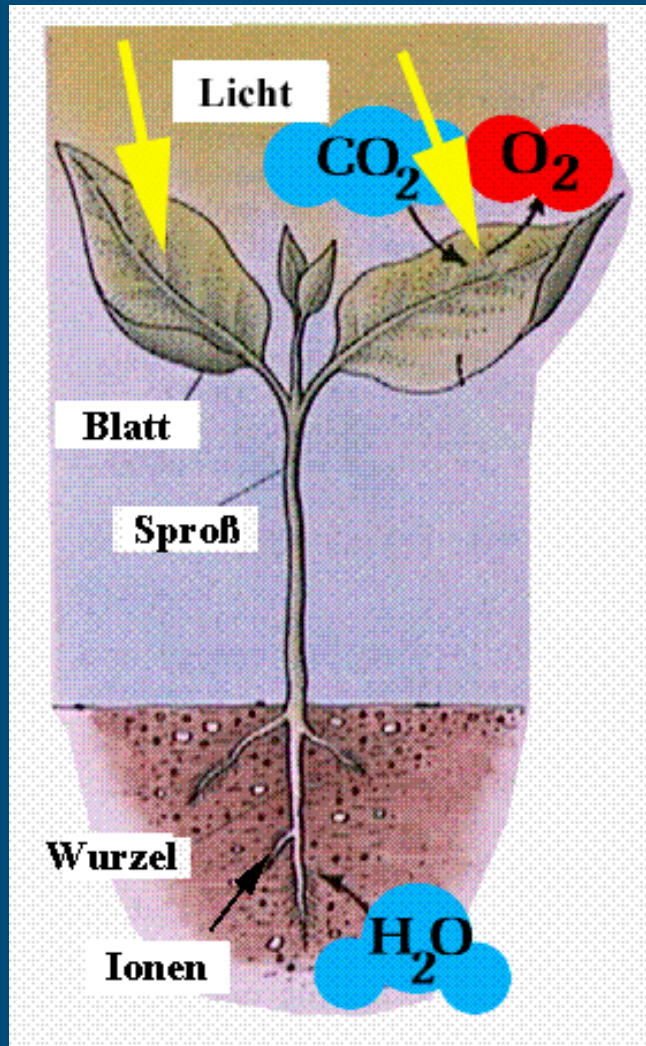


Fotosynthese: lichtenergie → chemische energie

- Chloroplast combineert de twee stadia van de fotosynthese
 - Gebruikt licht
 - Maakt suikers
- Reactiecentra: thylakoiden (PSI) en stroma (PSII)



Fotosynthese



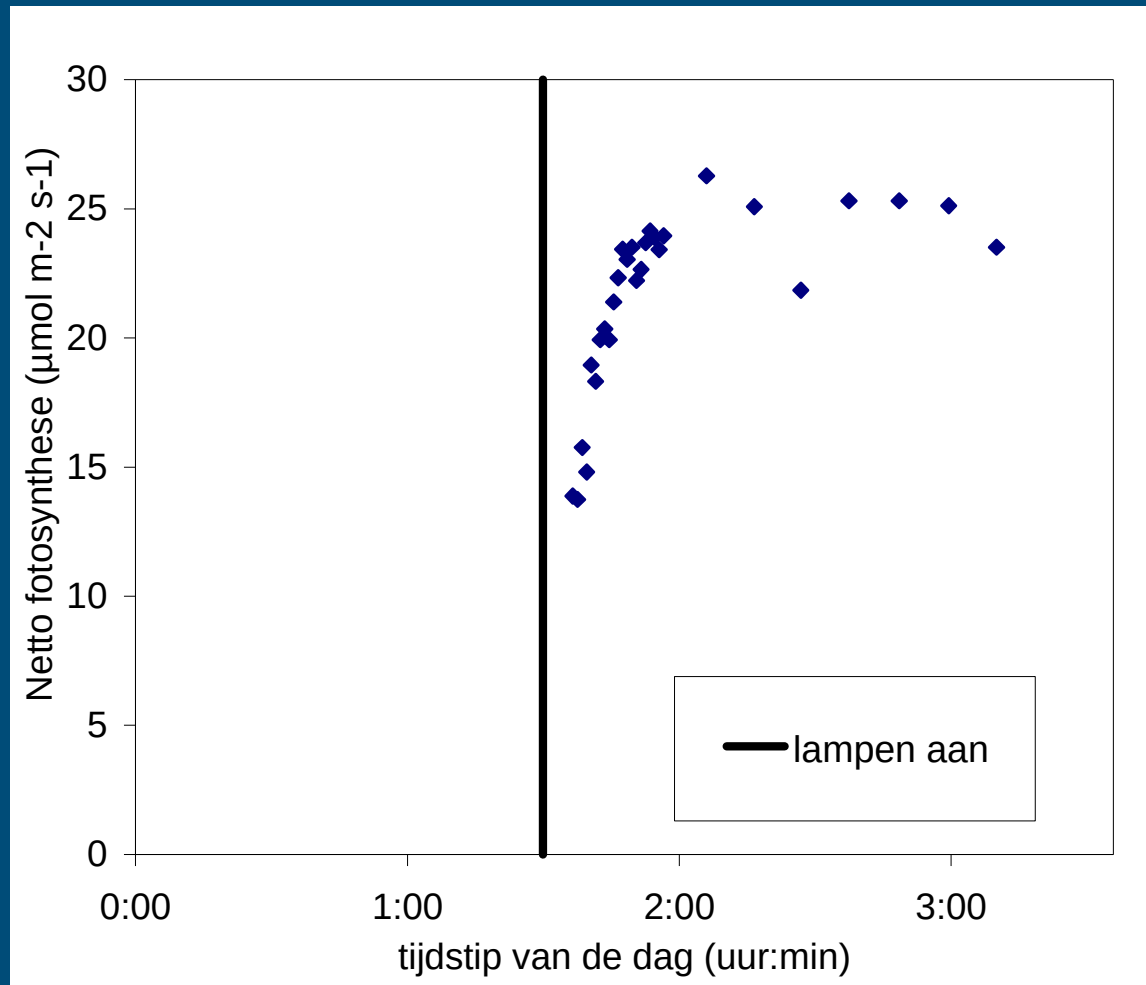
- Bruto reactieformule:
 - $6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} + \text{licht} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- Lichtreactie: opvangen van licht, splitsing water, omzetten in bruikbare energie
- Donkerreactie: met energie wordt CO₂ omgezet in suikers
- Groei: suikers worden omgezet in bouwstoffen

4. Licht en huidmondjes

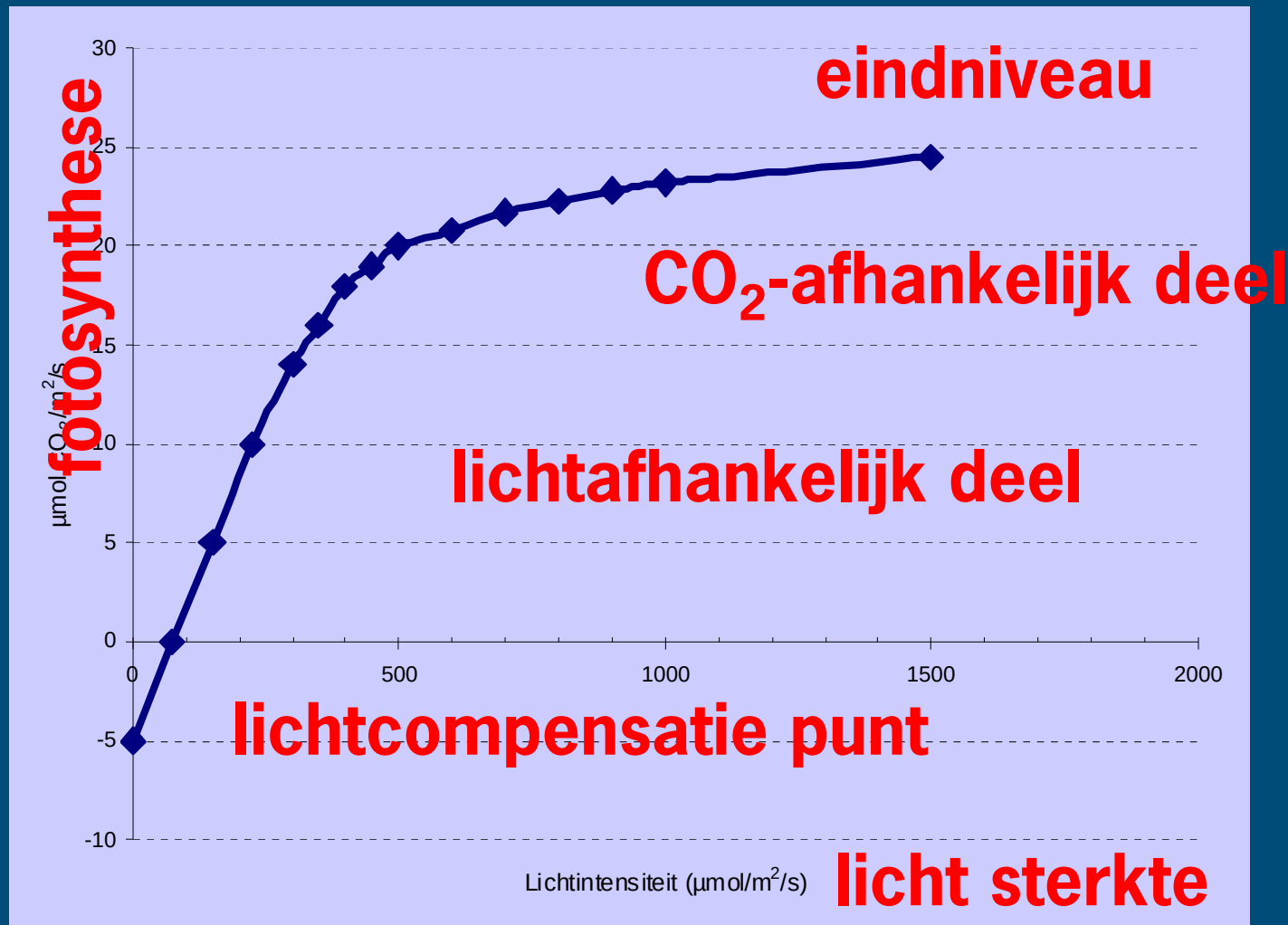
- Fotosynthese in het licht, dus CO₂ opname nodig
- In het donker: huidmondjes dicht (C₃, C₄ planten), open (CAM planten)
- In het licht: andersom



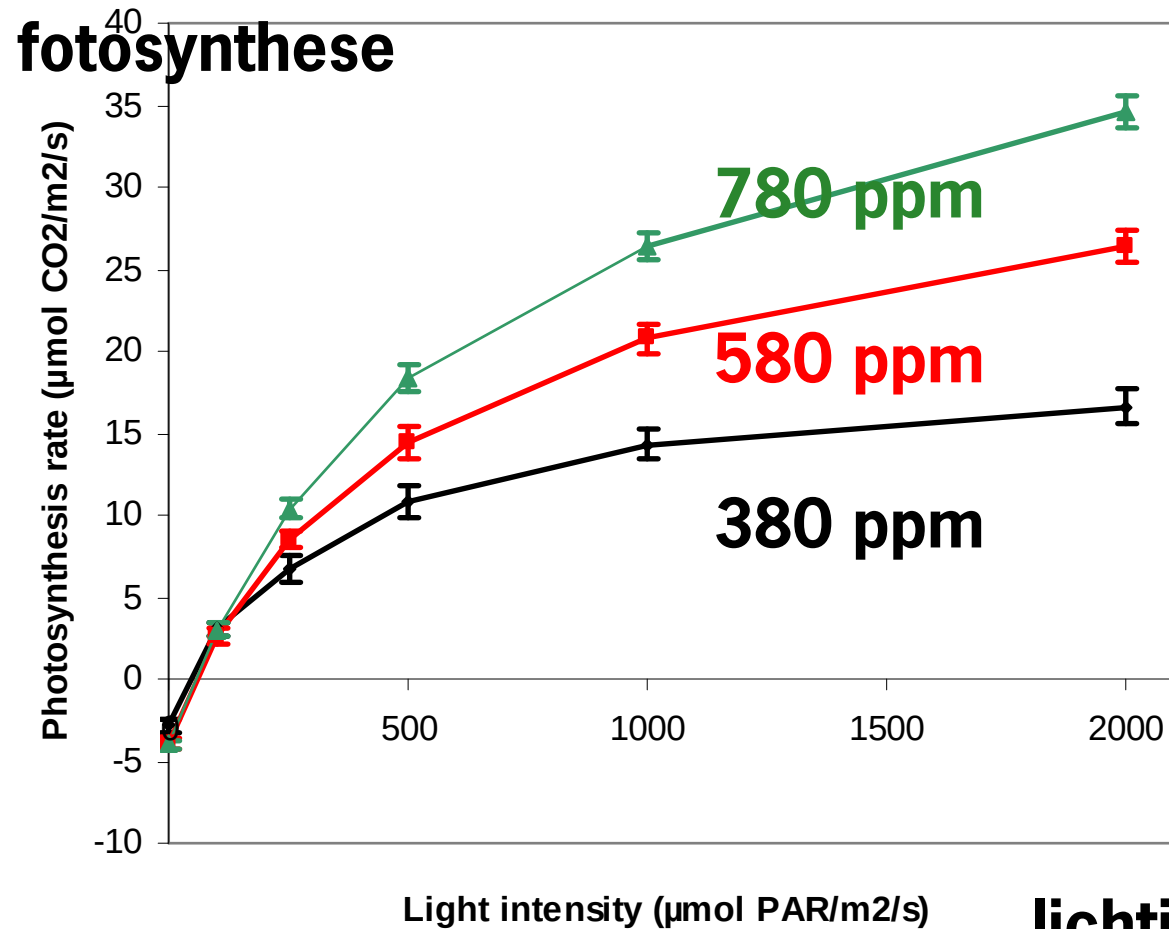
Fotosynthesecapaciteit bij start belichting



Lichtrespons curve



Interactie licht en CO₂



lichtintensiteit



5. Licht & Assimilatenverdeling

= verdeling van de groei over de verschillende organen aan de plant

(wortels, bladeren, stengels, bloemen/vruchten)

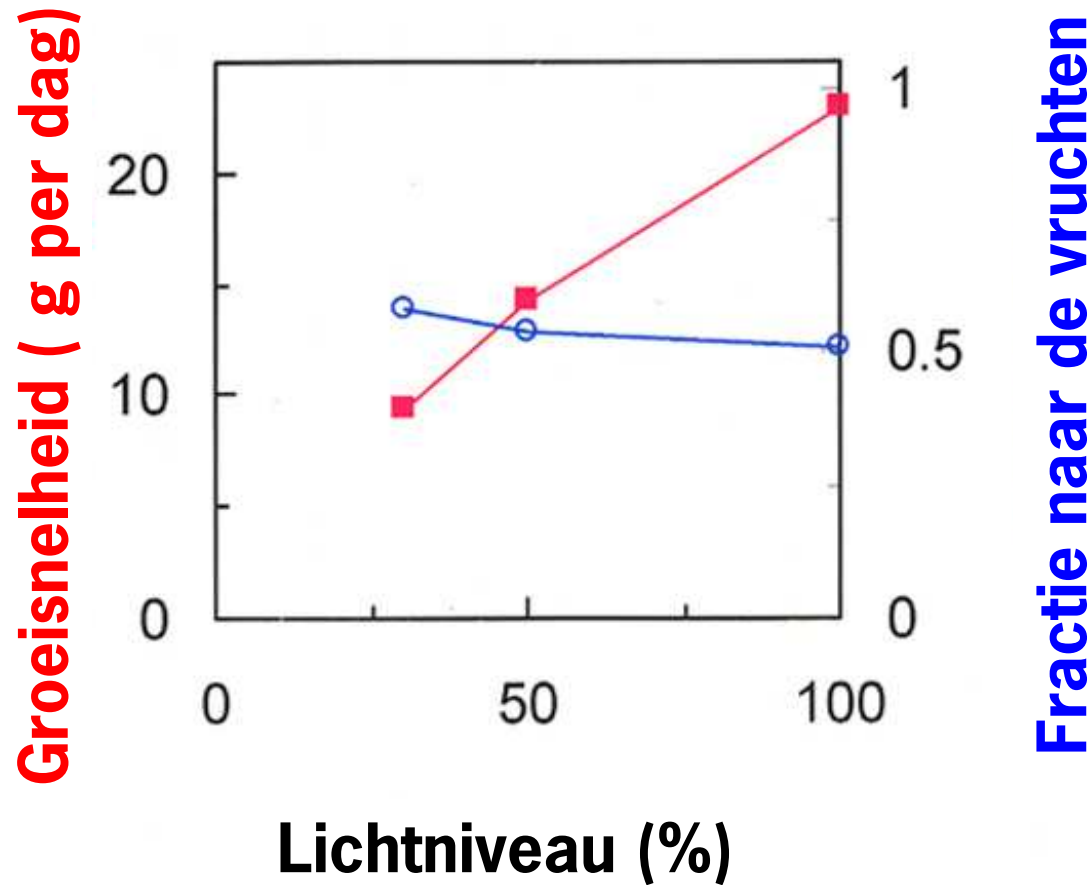
- Niet constant
- Belangrijk voor de opbrengst
- Balans vegetatief/generatief



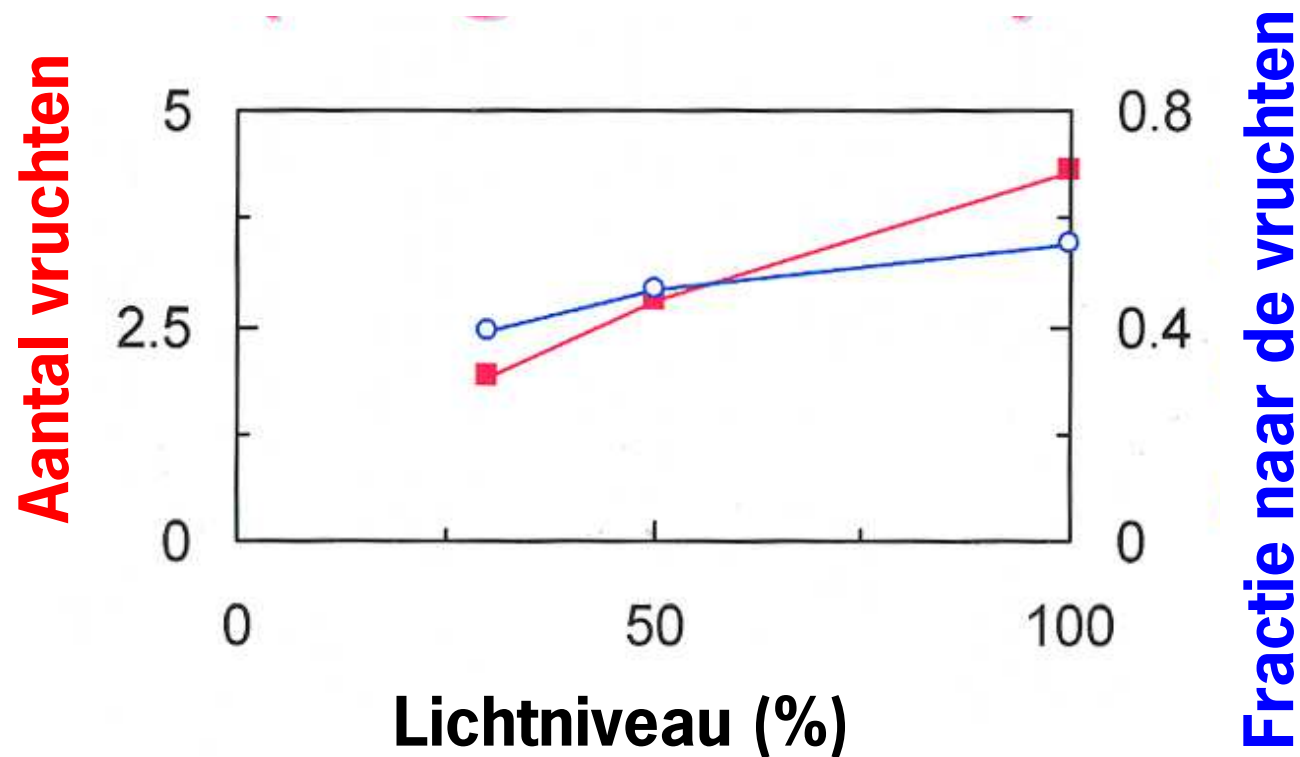
Verdeling van de assimilaten: wat speelt een rol?

- Aanmaak – licht gedreven (hoeveel is er te verdelen?)
- Transportafstand
- Sinks – temperatuur gedreven (groeïende organen)

Effect van aanmaak op verdeling assimilaten in komkommer (korte termijn: 4 dagen)



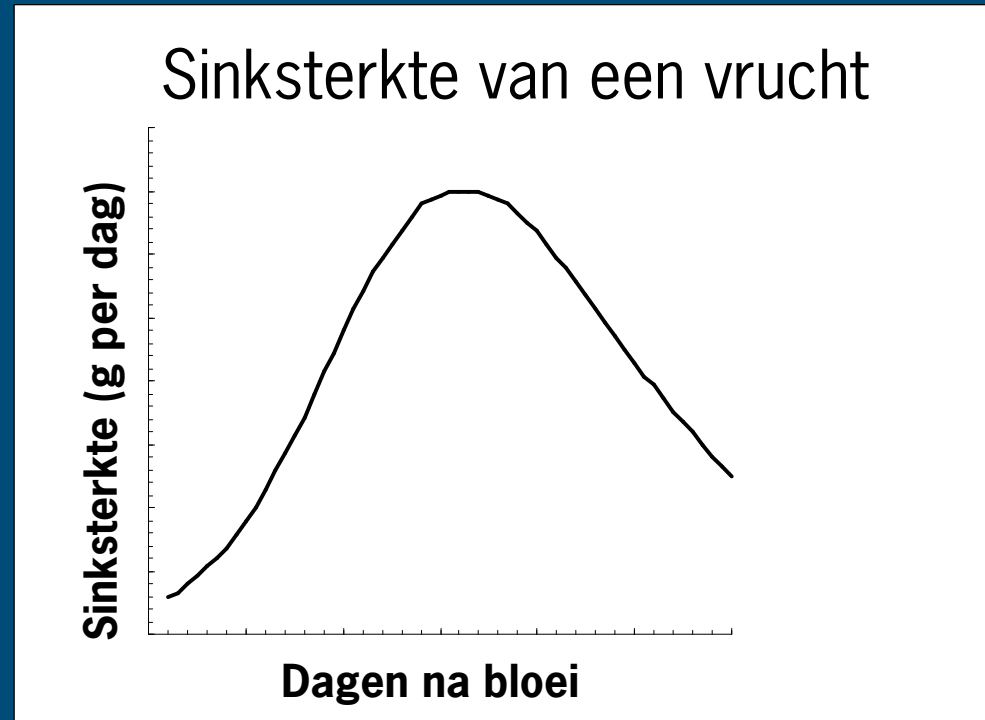
Effect van aanmaak op verdeling assimilaten in komkommer (lange termijn: 60 dagen)



Sinksterkte = vraag naar assimilaten

■ $f_i = S_i / \Sigma SS$

- f_i = fractie assimilaten toebedeeld aan orgaan i
- S_i = sinksterkte van orgaan i (vraag naar assimilaten)
- ΣSS = totale sinksterkte van alle organen



Sturen assimilatenverdeling: jong blad plukken

- Groter deel van de suikers gaat naar de vruchten
(vrucht : blad verhouding is hoger)

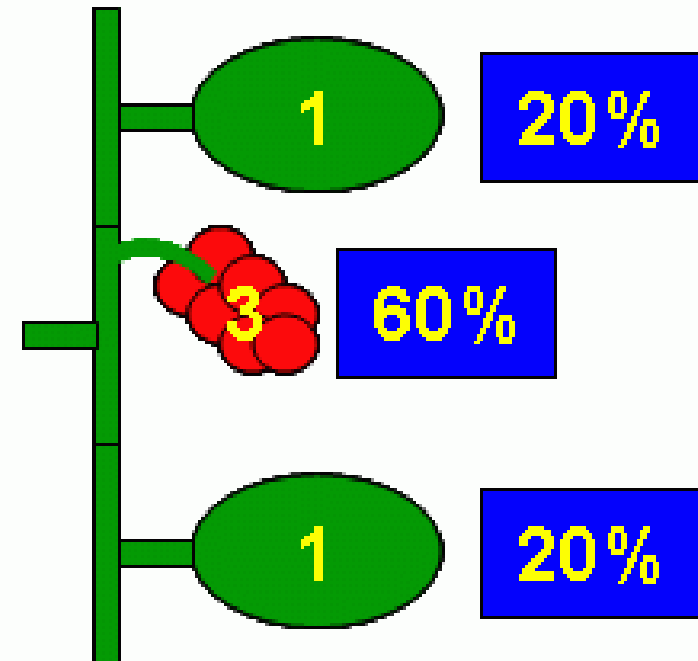
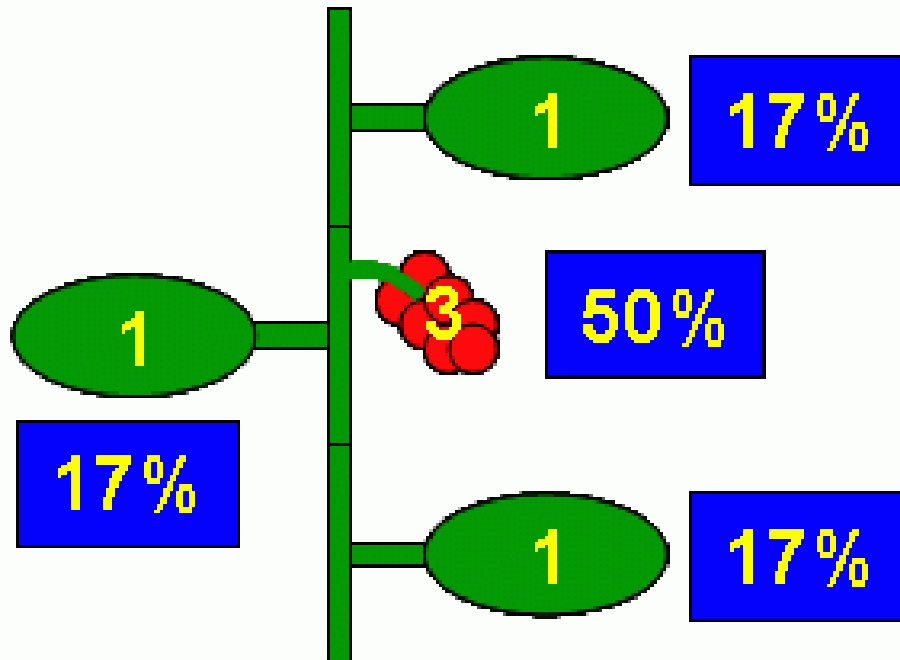
Maar:

- Minder bladoppervlak (LAI) en daarom misschien minder groei en opbrengst

Vruchten krijgen :

$$\frac{3}{(3+1+1+1)} = 0.5$$

$$\frac{3}{(3+1+1)} = 0.6$$

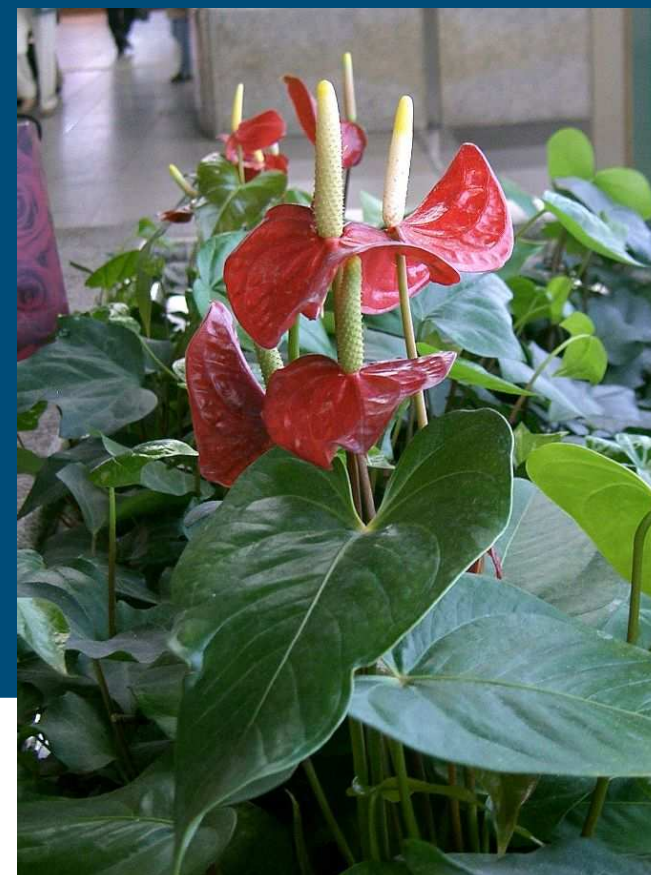


Gele getallen = 'vraag naar assimilaten'

Blad plukken bij Anthurium

Altijd 3 volgroeide bladeren per plant

Behandeling bladsnoei	Cyclus- duur	Bloem- gewicht (g)
Oud blad	62.4	29.1
Jong blad	58.0	29.5



6. Licht en morfologie

Zonneblad

(dik,
veel cellagen)

Schaduwblad

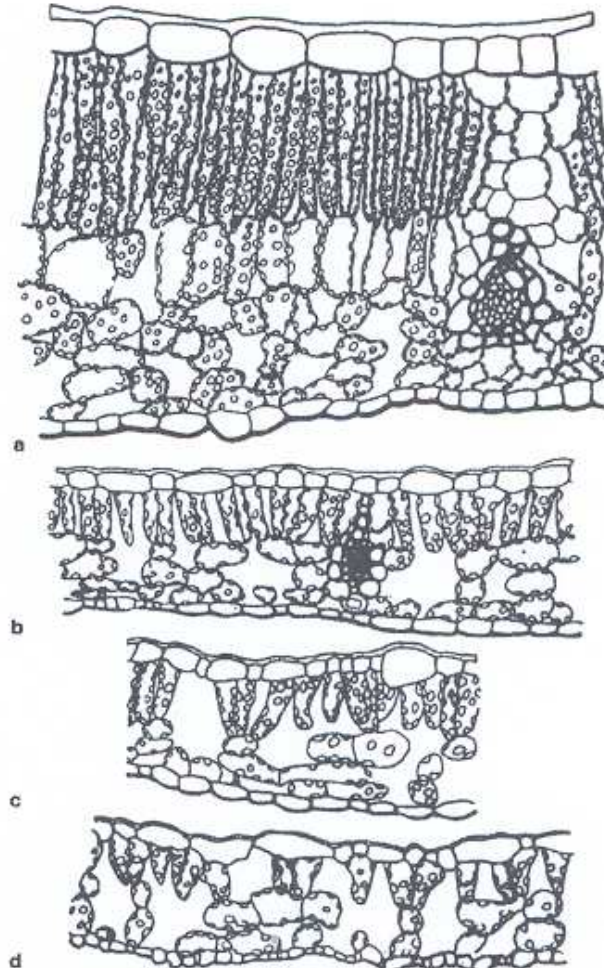
(dun,
weinig cellagen)

*cuticula
opperhuid*

*palissaden-
parenchym*

*spons-
parenchym*

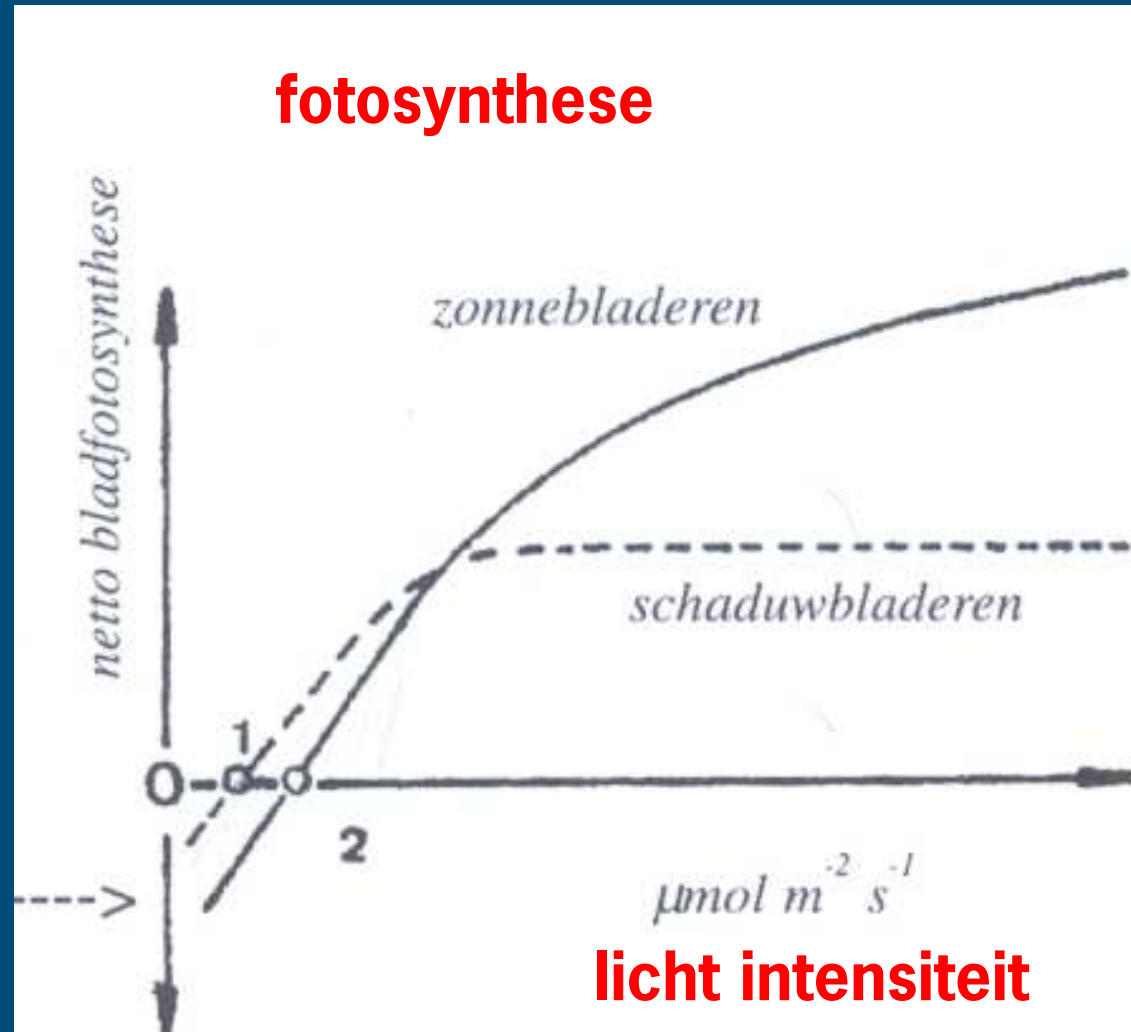
*opperhuid
cuticula*



WAGENINGEN UR

For quality of life

Aanpassing aan lichtintensiteit



Grotere fotosynthese
fabriek

Kleinere fotosynthese
fabriek

Aanpassing aan lagere lichtintensiteit?

- Een blad ontwikkeld onder veel licht -> hoge fotosynthese capaciteit
- Komt datzelfde blad 'onderin' het gewas -> blijft de capaciteit gehandhaafd -> beperkt door licht tekort
- Dus meer licht onderin zou moeten leiden tot meer fotosynthese

7. Diffuus licht: een experiment

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

Diffuus Licht – hoe ziet dat eruit?

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



50%



0%

Haze

Theorie

Jaarbasis:

Gewas-
fotosynthese

+4%

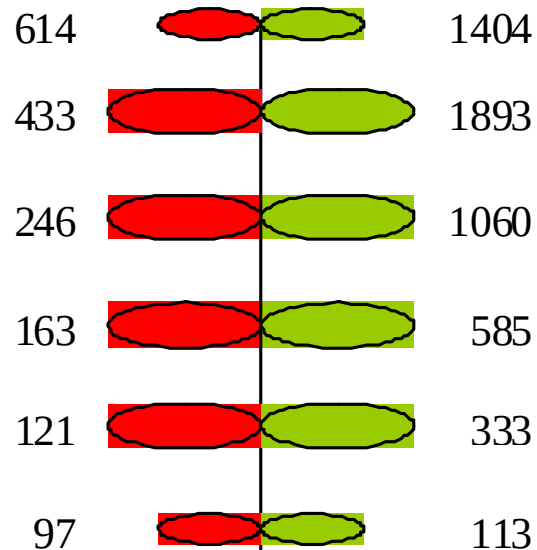
Productie

+ 5.9%

+ 2.3 kg/m²

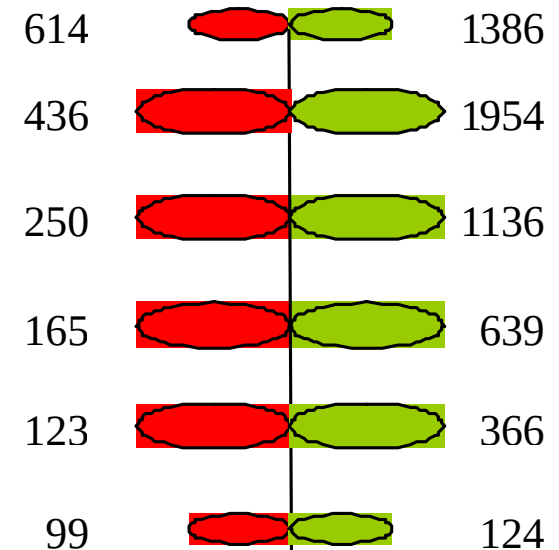
Komkommer - Voorjaarsteelt

PAR
Fotosynthese (MJ m⁻²)



Natuurlijk Licht

PAR
Fotosynthese (MJ m⁻²)



Diffuus Licht

Experiment in Bleiswijk



Controle

Laag diffuus

Hoog diffuus

Haze 0%

30%

70%

Transmissie 83%

83%

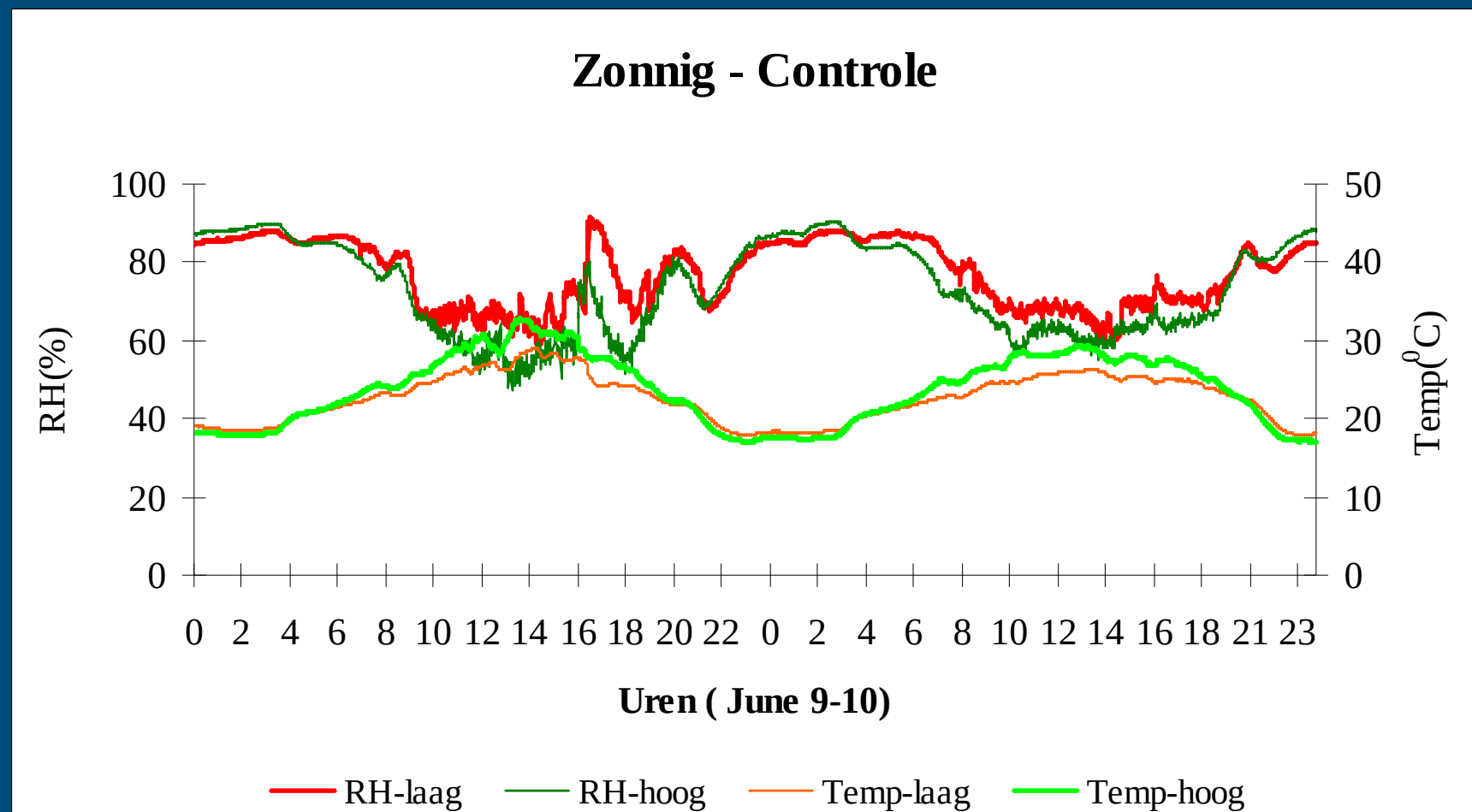
80%

Eerste teelt

- 15 febr tot 20 juli
- Kasklimaat
- Gewasgroei
- Gewasfysiologie
- Productie



Kas(micro)klimaat



Kasklimaat - zonnige dagen, bovenin het gewas

	Temperatuur (°C)	Vochtigheid (%)
Controle	29.8	59.2
Laag diffuus	29.4	59.7
Hoog diffuus	29.1	60.8

Gewasfysiologie – blad temp, zonnige dag

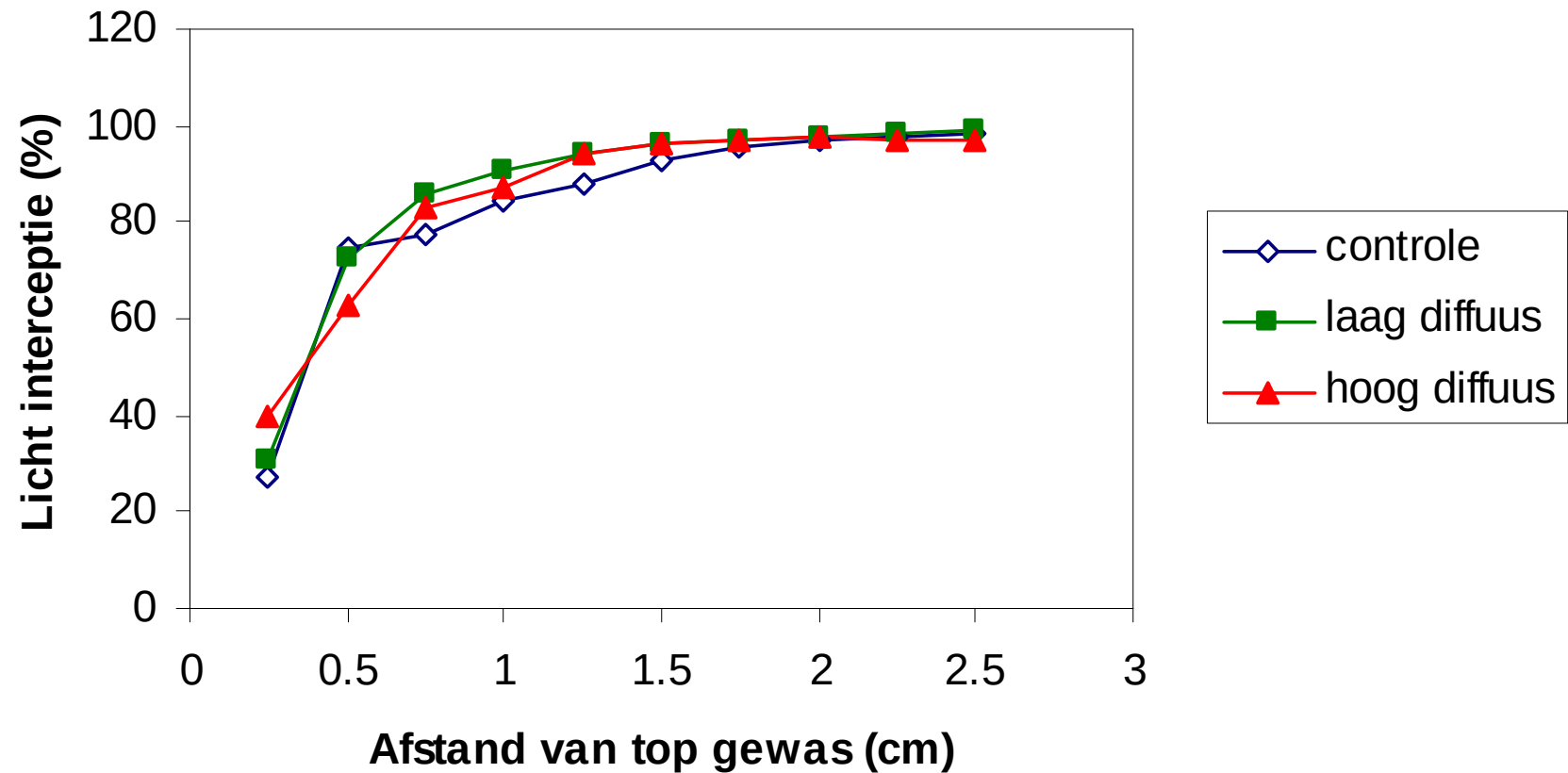
	Kop	Bovenin het gewas	Onderin het gewas
Controle	34.5	34.8	25.4
Laag diffuus	32.8	34.4	24.7
Hoog diffuus	32.4	33.7	24.6



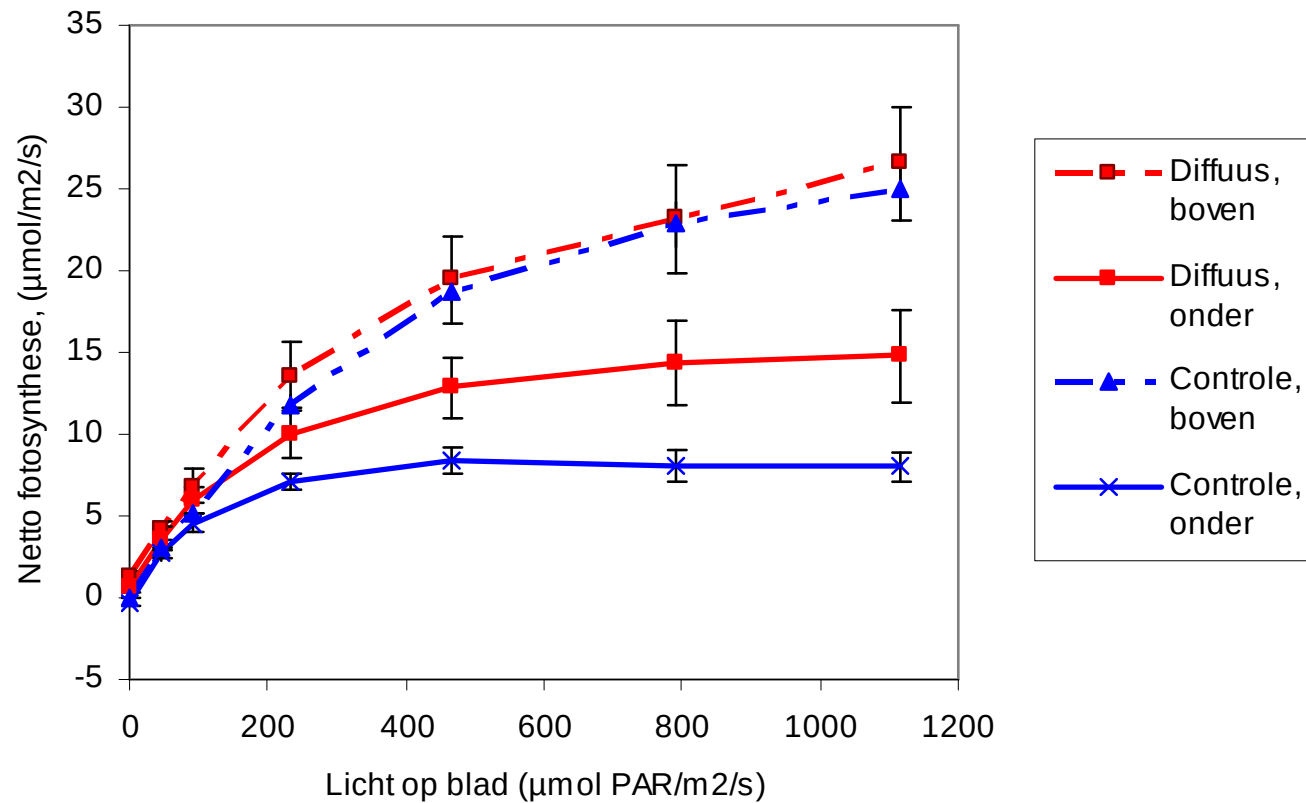
Gewasgroei - blad

	Bladontwik. (#/wk)	LAI (m ² /m ²)	SLA (cm ² /g)
Controle	6.1	4.6	344
Laag diffuus	5.7	4.2	338
Hoog diffuus	5.9	4.1	322

Lichtinterceptie



Gewasfysiologie – fotosynthese capaciteit

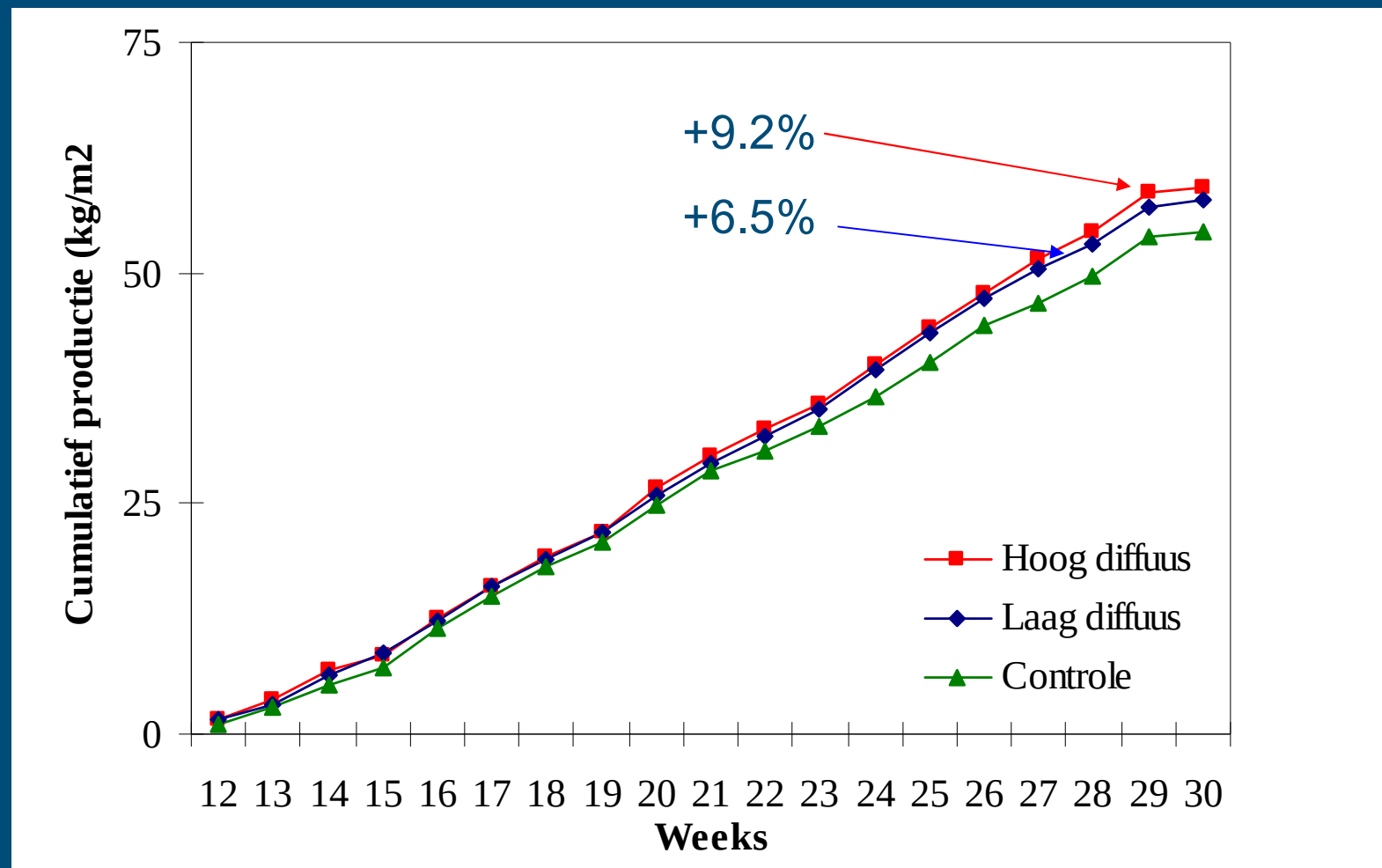


Productie - uitgroeiduur

	Wk 19-21 (dgn)	Wk 24-26 (dgn)
Controle	15.5	16.3
Laag diffuus	15.2	15.9
Hoog diffuus	14.6	15.9



Productie



Overzicht productie

	Vrucht gewicht (g)	Productie (kg/m ²)	Productie (#/m ²)
Controle	401.3	54.4	135.9
Laag diffuus	412.4	57.9 (6.5%)	140.6 (+3.5%)
Hoog diffuus	417.0	59.4 (9.2%)	142.9 (+5.2%)

Conclusies

- Diffuus licht resulteerde in:
 - Gematigde kasklimaat
 - Verandering in gewasmorfologie
 - Meer lichtonderschepping onderin het gewas
 - Verhoging fotosynthese onderin het gewas
- Hogere diffusiteit kasdek -> hogere productie
- Effectiviteit hoogste bij zonnige dagen

8. Lopende experimenten

- Is een $\mu\text{mol LEDs}$ = een $\mu\text{mol SON-T}$?
- Tussenbelichting in komkommer
- LEDs (bij v/d Kaaij, Dingemans, Hartmans, Zuurbier)
- Absorptie curve voor tomaat, roos en komkommer (McCree curve)
- Teeltversnelling Phalaenopsis

Bedankt voor uw aandacht

© Wageningen UR



WAGENINGEN UR

For quality of life

Licht in de tuinbouw in de toekomst?

- Intelligent kasdek
 - Hoge transmissie
 - 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