

Warmer of kouder? Sturen met de temperatuur

Ep Heuvelink & Leo Marcelis
Wageningen Universiteit, Tuinbouwproductieketens
Wageningen UR Glastuinbouw

Met medewerking van: Susana Carvalho, Anja Dieleman, Anne Elings,
Arie de Gelder, Anke van der Ploeg

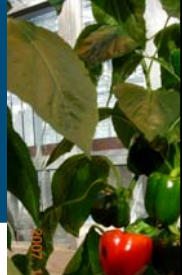



Groeibijeenkomst Westland Energie Services
13 december 2007



Waarom dit verhaal?

- Temperatuur belangrijke klimaatfactor
- Beïnvloedt vele plantprocessen
- Korte- en langetermijneffecten
- Bepalend voor het energiegebruik
- Actief koelen in de semi-gesloten kas

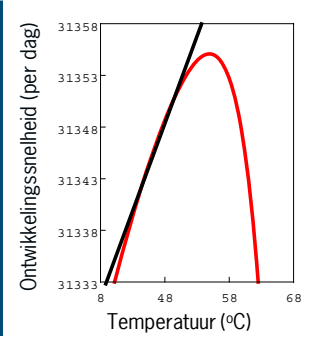



Wat komt er aan de orde?

- Welke processen beïnvloedt temperatuur?
 - relatie met andere factoren
 - rasverschillen
 - korte en lange termijneffecten
- DIF, DROP, temperatuurintegratie
- Specifieke effecten op gewasdelen
- Sturen van de assimilatenbalans met temperatuur





Temperatuur: invloed op enzymatische processen veelal optimum respons, maar vrijwel lineair effect in zeker traject

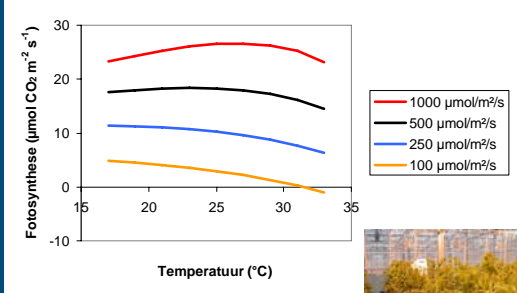


Ontwikkelingsnelheid (per dag)

Temperatuur (°C)





Temperatureffect op fotosynthese: beperkt



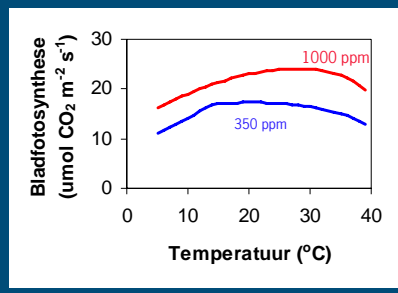
Fotosynthese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

Temperatuur (°C)

- 1000 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$
- 500 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$
- 250 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$
- 100 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$


Hogere CO₂ concentratie: hogere optimumtemperatuur

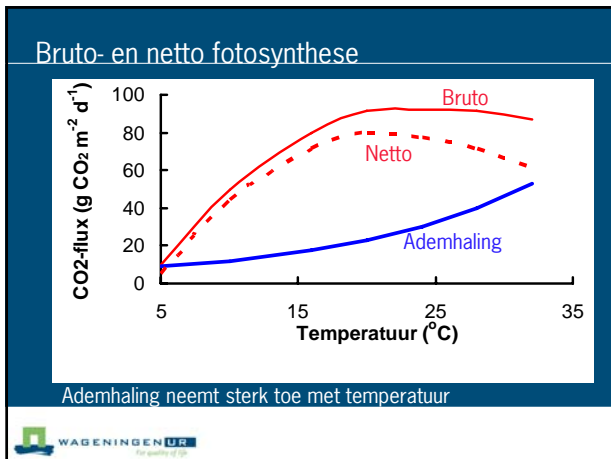


Bladfotosynthese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

Temperatuur (°C)

- 1000 ppm
- 350 ppm



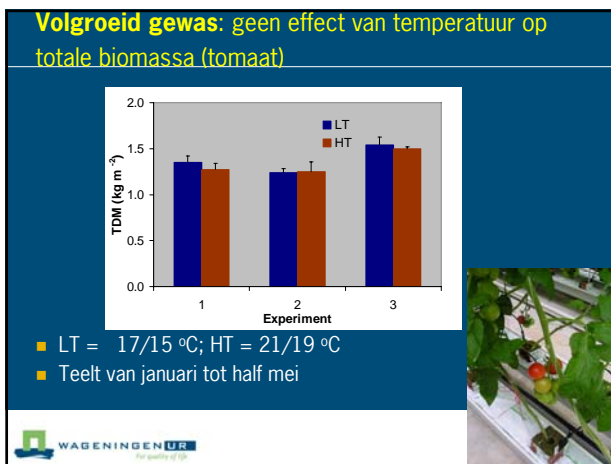


Jonge planten: hogere temperatuur → hogere groeisnelheid

Tomaat, 40 dagen na zaai

Temp. (°C)	Versgewicht (g)	Bladoppervlak (cm ²)	Aantal Bladeren	'Bladdikte' (mg/cm ²)
18/18	26	552	13	2.8
24/24	92	1867	18	1.9

WAGENINGENUR
for quality of life



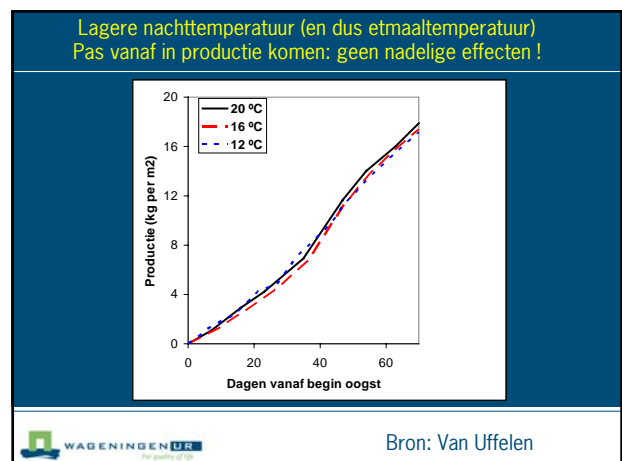
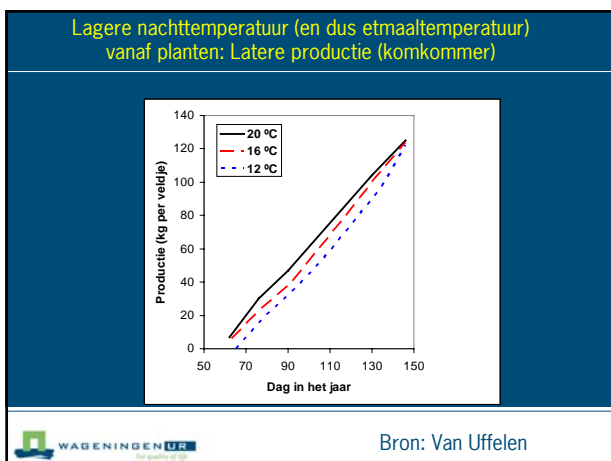
Vruchtgrootte (drooggewicht) en uitgroeiduur tomaat

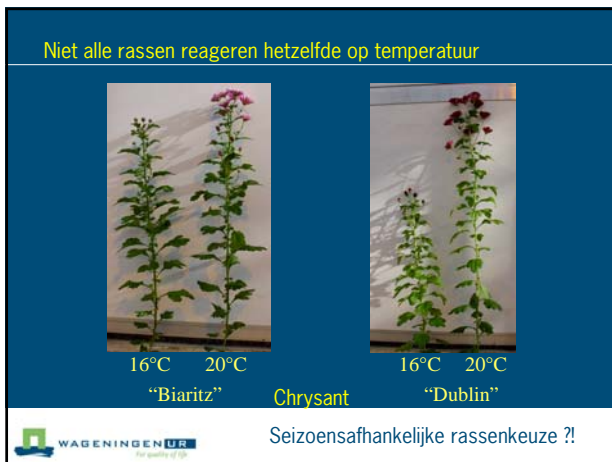
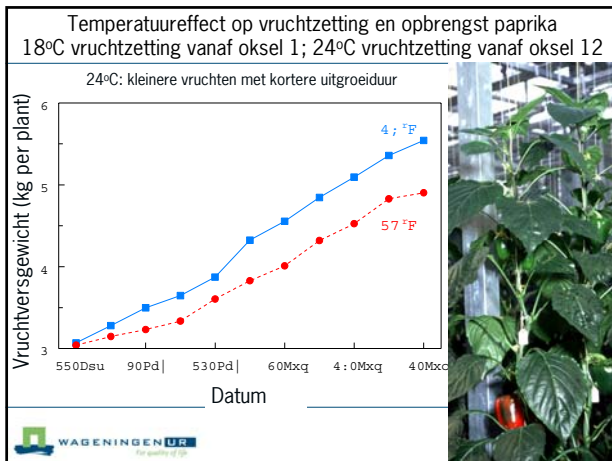
Temperatuur (oC)	Gewicht (g)	Uitgroeiduur (d)
17	4.8	74
19	4.3	63
21	3.2	56
23	2.7	50

Bij lagere temperatuur komt oogst later op gang en zijn de vruchten zwaarder

WAGENINGENUR
for quality of life

Bron: A.N.M. de Koning



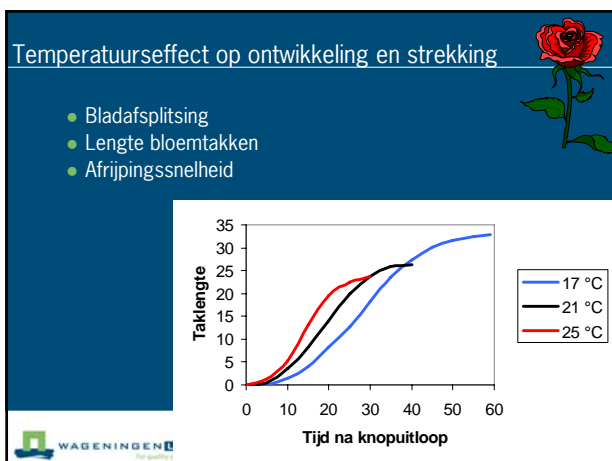


Effect van temperatuur op snijchrysant: grote cultivarverschillen

Cultivar	Langere teelt bij 16°C dan 20°C (dagen)	Takgewicht
Supernova	4	+/-
Delianne	7	+
Reagan	13	+
Annecy	11	+/-

+ hoger bij 16°C
 - hoger bij 20°C
 +/- geen significant verschil

WAGENINGEN UR



Temperatuur regime; $DIF = Temp_{dag} - Temp_{nacht}$

Bron: Theo Blom, Canada

+ DIF - DIF

Bron: Frank Maas

+DIF - DIF

WAGENINGEN UNIVERSITEIT
WAGENINGEN UR

Positieve DIF, meer strekking

Lage dag/hoge nacht (negatieve DIF): kortere planten maar ook groeireductie

WAGENINGEN UNIVERSITEIT
WAGENINGEN UR

DIF invloed op internodiu lengte chrysaant

DT: • 16°C; □ 20°C; ○ 24°C; ■ 28°C

Internodiu lengte (mm)

DIF (°C)

DIFerence (verschil) tussen dag en nachttemperatuur

- + DIF ⇒ ↑ Internode lengte;
- DIF ⇒ ↓ Internode lengte;
- gelijke DIF ⇒ gelijke internode lengte

WAGENINGEN UNIVERSITEIT
WAGENINGEN UR

Effect dag- en nachttemperatuur op stengelstrekking chrysaant; sterk verschoven optimum verklaart DIF

Internodiu lengte (mm)

Temperatuur (°C)

DT = Dagtemperatuur
NT = Nachttemperatuur

$DT_{opt} = 25.9^{\circ}C$
 $NT_{opt} = 14.6^{\circ}C$

WAGENINGEN UNIVERSITEIT
WAGENINGEN UR

Gedurende welk deel van dag is plant meest gevoelig voor temperatuur?

Klimaatkamerproef: gedurende 4 uur temperatuurverlaging (2.5 °C)

WAGENINGEN UNIVERSITEIT
WAGENINGEN UR

Ochtend meest gevoelig voor temperatuurverlaging

Length (cm)

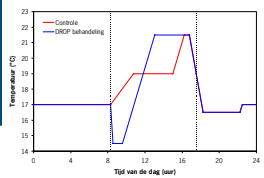
8:30-12:30 12:00-16:00 15:30-19:30 20:30-00:30

WAGENINGEN UNIVERSITEIT
WAGENINGEN UR

Vervolgens kasproef met grote tomatenplanten

Temperatuurverlaging 2.5 °C na zonsopkomst (bij gelijke etmaaltemperatuur):

- Geen effect op lengte
- Geen effect op plantgewicht
- Geen effect op productie



WAGENINGEN UR
for quality of life

Wat betekenen deze resultaten over temperatuurval (DROP) voor de praktijk?

- Bij jonge planten geen DROP toepassen
- Bij volwassen planten (LAI > 3) heeft DROP geen negatieve effecten
- Scherm snel openen kan

WAGENINGEN UR
for quality of life

Koelen van onderen of van boven?

- Geen pasklaar antwoord wel ideeën



WAGENINGEN UR
for quality of life

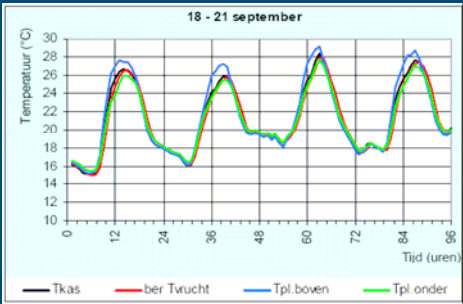
Planttemperatuur.

Afkoeling van blad door:

- Convection aan kaslucht; hangt af van:
 - Temperatuurverschil blad-lucht
 - Windsnelheid langs het blad
- Uitstraling
 - Naar kasdek
 - Buitentemperatuur, bewolkt
 - Of naar scherm
- Convection en uitstraling zijn ongeveer even groot
- Meeste afkoeling door verdamping
 - 10-60% van afkoeling door verdamping

WAGENINGEN UR
for quality of life

Planttemperatuur volgt vaak luchttemperatuur; vooral bij veel instraling hogere bladtemperatuur



Data van Houter et al. 2004, Proef bij WUR Glasiuinbouw (PPO)

WAGENINGEN UR
for quality of life

Sturen op planttemperatuur




- Is goed mogelijk
- Kop reageert bij uitstraling sneller dan meetbox
- Namiddag vochtsparen: let op de planttemperatuur
- Energiebesparing mogelijk
- Koptemperatuur belangrijkst ?????

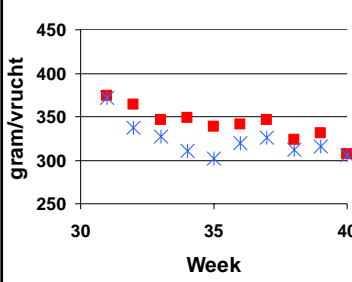

WAGENINGEN UR
for quality of life

Gewastemperatuur


- **Groeipunt (kop)**
 - bepaalt ontwikkeling (bladafplitsing, aanleg nieuwe bloemtrossen)
- **Vruchten**
 - bepaalt uitgroei duur, vruchtgrootte
- **Wortels**
 - kan worteldruk beïnvloeden
 - kan soms beetje compenseren voor lage luchttemperatuur
 - moet niet te sterk afwijken van luchttemperatuur
 - jong gewas: snelle beworteling
 - onderzoek potplanten 1980-1990: er zijn gewasverschillen
- **Assimilatenverdeling tussen plantendelen**
 - Neemt toe naar dat deel van plant dat warmer is



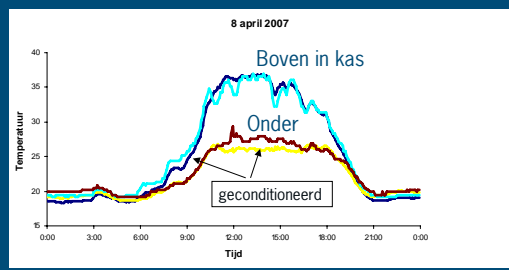

Komkommer geconditioneerde kas met koeling van onderen → kleinere vruchten

■ Standaard kas × Geconditioneerde kas

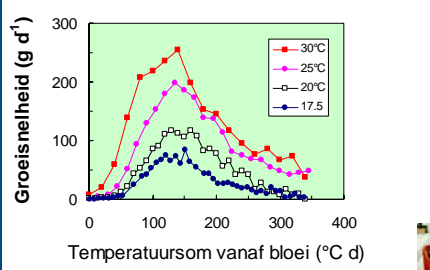




Komkommer geconditioneerde kas met koeling van onderen (proef 2007 WUR Glastuinbouw). Onderin gewas relatief koud (gele lijn) t.o.v. conventioneel

Temperatuur versnelt groei komkommervrucht.

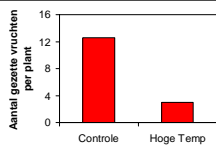
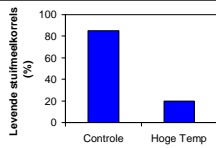
Hogere vruchttemperatuur → hogere trekkracht aan assimilaten

Hoge temperatuurstress (tomaat)


Controle: 28/22°C D/N; Hoge Temp. 32/26°C

- Geen effect op totale groei
- Wel: slechte vruchtzetting
- Gevolg van slecht stuifmeel dat slecht vrijkomt


- Vraag als: is 1 uur 36°C een probleem? Of: Is 1 uur 38°C vergelijkbaar met 10 uur 36°C? Niet goed te beantwoorden!

Bron: Sato e.a., 2006




Lage temperatuurstress

- Ook hier problemen met vruchtzetting (bijv. knopen bij paprika)
- Suikers worden niet meer (voldoende) afgevoerd uit het blad → zetmeelophoping

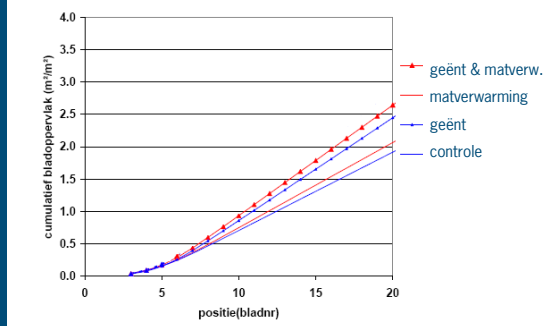



Worteltemperatuur tomaat bij koeling van onderen (Themato)

- Kleiner blad dan in open kas
- Mat iets kouder dan open kas
- Matverwarming → bladoppervlakte neemt toe
- Enten → groter blad (groter effect dan mattemperatuur)

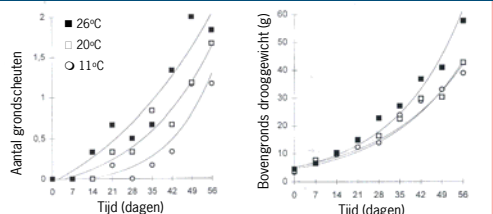


Worteltemperatuur tomaat bij koeling van onderen (Themato: gesloten kas)





Worteltemperatuur bij roos (jonge planten)

Snellere scheutuitloop en vorming grondscheuten bij hogere worteltemperatuur



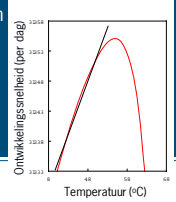

Luchttemperatuur was 20°C



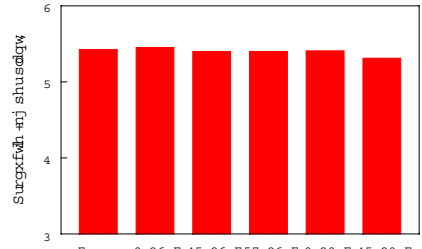
Temperatuurintegratie

Gewas reageert op lange-termijn gemiddelde temperatuur, en niet zozeer op preciese regime

- Kan alleen als reactie op temperatuur linear verloopt
- Dit geeft energiebesparingsmogelijkheden





Invloed van temperatuurregime (tomaat) (6d/30°C; periode 6 dagen; amplitude 3°C)

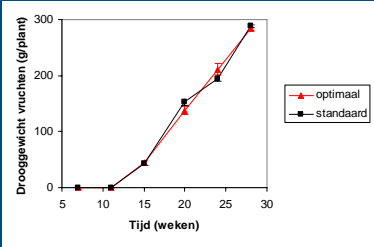


Whpshudwxxu uhj1phv

Bron: A.N.M. de Koning




Temperatuurintegratie paprika




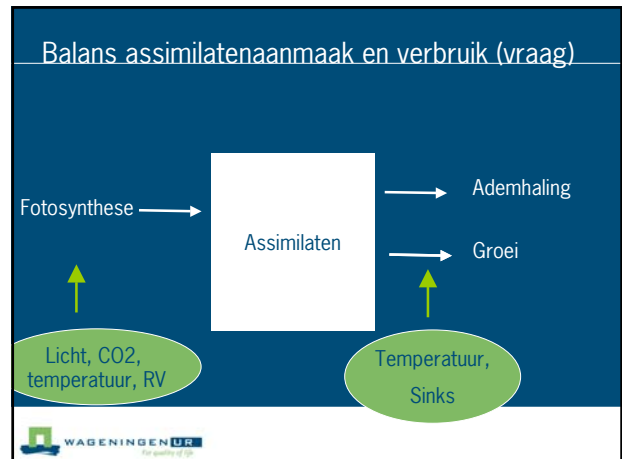
Optimaal: - zelfde gemiddelde temp.; fluctuatie 16-30°C
- overdag minder ventileren → hoger CO₂

2.5 m³ gas bespaard; zelfde vruchtzetting en productie



Korte en lange termijn effecten verschillend!

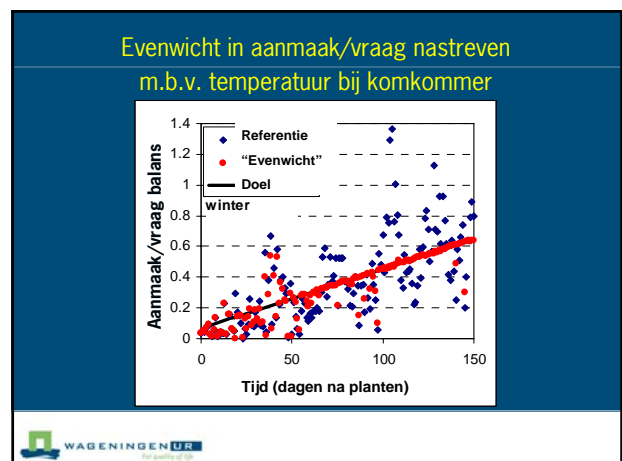
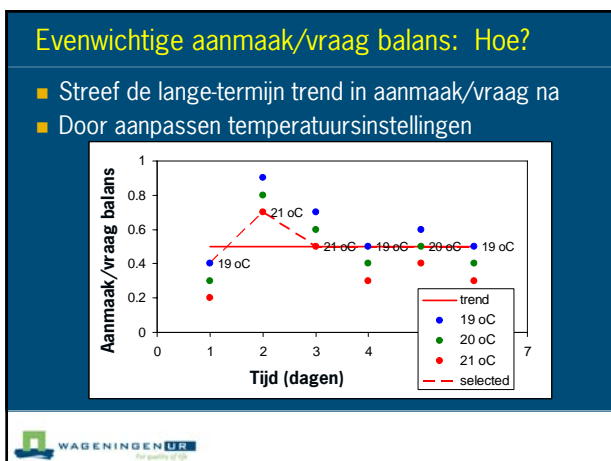
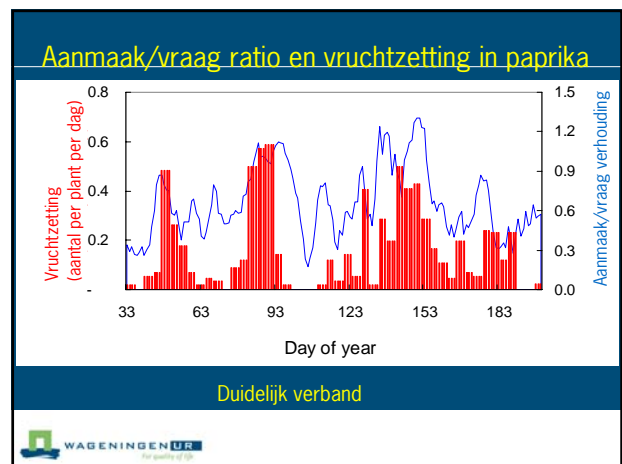
- Hogere temperatuur → meer ademhaling (10°C temperatuurstijging verdubbelt onderhoudsademhaling)
- Maar langdurig hoge temperatuur geeft kleinere bladeren en vruchten, dus lichter gewas
- Onderhoudsademhaling per m² kas kan dan vrijwel gelijk blijven
- Op korte termijn hogere vruchttemperatuur → meer assimilatenimport; op langere termijn passen enzymconcentraties zich aan → nieuw evenwicht

Evenwicht in assimilatenaanmaak en -gebruik voor een optimale productie

- Constantere plantbelasting en assimilatenverdeling
- Regelmatiger productiepatroon
- Productiestijging?





Evenwicht in aanmaak/vraag nastreven m.b.v. temperatuur bij komkommer

	Jaar
Referentie	
Gas ($\text{m}^3 \text{m}^{-2}$)	40.3
Productie (kg m^{-2})	83.2
Stabiele source/sink	
Productie toename (kg m^{-2})	+ 4.4
Productie toename (%)	5.3%

Conclusies: Effect van temperatuur

- Gering effect op fotosynthese (assimilataanamaak)
- Groot effect op assimilatenverbruik → balans
- Toename van ademhaling
- snellere blad- en bloemafplitsing
- snellere groei vruchten, bloemen, bloemtakken of bladeren
- kleinere vruchten, bloemen, bloemtakken, bladeren

Conclusies (2)

- Gemiddelde temperatuur meestal belangrijkst, behalve bij jonge planten (DIF en DROP effecten)
- Als het om het lange termijn gemiddelde gaat kan er energie bespaard worden
- Optimale temperatuur neemt toe met licht en CO_2
- Hoge temperatuur: zettingsproblemen !

Conclusies (3)

- Planttemperatuur belangrijker dan kasttemperatuur
- Gesloten kas:
 - Verhouding lucht – plant temperatuur anders
 - Temperatuurgradiënt anders
- Komend jaar
 - Uitgebreid onderzoek naar semi-gesloten kassen

Bedankt voor uw aandacht

© Wageningen UR

