

## CO<sub>2</sub>: op zoek naar het optimum

Leo Marcelis & Ep Heuvelink  
 Wageningen UR: - WUR Glastuinbouw  
 - Leerstoelgroep Tuinbouwproductieketens  
 Met medewerking van: Anja Dieleman, Tom Dueck, Feije de Zwart,  
 Ruud Maaswinkel



Groeibijeenkomst Westland Energie Services  
 25 oktober 2007



## Wat komt er aan de orde?

- Trends
- Fysiologisch effect van CO<sub>2</sub>: fotosynthese
- Effecten van CO<sub>2</sub> op groei
- CO<sub>2</sub> balans van de kas
- Soms meer groei door minder CO<sub>2</sub>?
- Schadelijkheid van rookgassen



## Trends in CO<sub>2</sub>

- Op meeste bedrijven is CO<sub>2</sub> dosering standaard
- Verschillende bronnen: ketel, WKK, OCAP, vloeibaar
- Steeds hogere concentraties in met name zomerhalfjaar
- Semi-gesloten kas: hogere productie vooral door hogere CO<sub>2</sub> concentratie
- Bewustwording schadelijkheid rookgassen
- Milieudoelstelling wordt uitgedrukt in CO<sub>2</sub> (max 6.5 miljoen ton CO<sub>2</sub>)

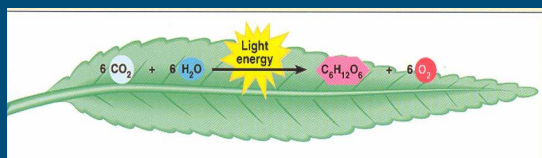


## Effecten van CO<sub>2</sub> op de plant

- **Meer fotosynthese,**
  - waardoor meer groei (15-30%), productie, zetting, vertakking, minder abortie
  - Meeste planten: CO<sub>2</sub> is alleen overdag van belang. Mogelijke uitzondering zijn CAM planten als Phalaenopsis
- Beetje sluiting huidmondjes (10%)
- In principe altijd meer groei door meer CO<sub>2</sub> (tot max 800-1000ppm)
- Dikker blad (meer gewichtsgroei, gelijk oppervlakte)
- Wees alert op verontreiniging rookgassen



## Fotosynthese



## CO<sub>2</sub> komt in de plant via de huidmondjes



Transportweg voor CO<sub>2</sub> van kaslucht naar bladgroenkorrel.  
Dwarsdoorsnede van blad

Huidmondje  
Laagje stilstaande lucht  
CO<sub>2</sub> in kas

WAGENINGEN UR  
For quality of life

Fotosynthese en licht

Fotosynthese (CO<sub>2</sub> opname)  
Lichtintensiteit

WAGENINGEN UR  
For quality of life

CO<sub>2</sub> en fotosynthese

Fotosynthese (gm<sup>2</sup>/uur)  
CO<sub>2</sub> concentratie (ppm)

WAGENINGEN UR  
For quality of life

Vuistregel effect van CO<sub>2</sub>:

Per 100 ppm toename CO<sub>2</sub> is % toename in groei te berekenen als  $\frac{1500 \times 1000}{CO_2 \times CO_2}$

- Van 350 naar 450 ppm: 12% extra groei
- Van 600 naar 700 ppm: 4% extra groei
- Van 1000 naar 1100 ppm: 1.5% extra groei
- Maar: van 350 naar 250 ppm kost 19% groei!!

WAGENINGEN UR  
For quality of life

Naar Nederhoff

CO<sub>2</sub>:  
Tot circa 800 ppm duidelijke verbetering fotosynthese;  
vooral bij veel licht en hoge temperatuur

Bruto gewasfotosynthese (mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)  
Globale straling buiten (W m<sup>-2</sup>)

WAGENINGEN UR  
For quality of life

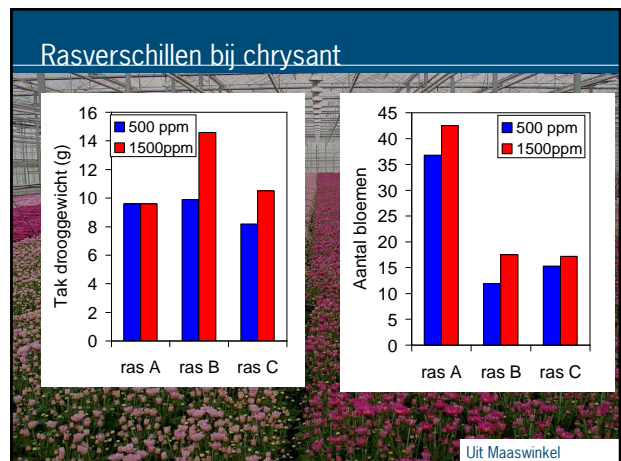
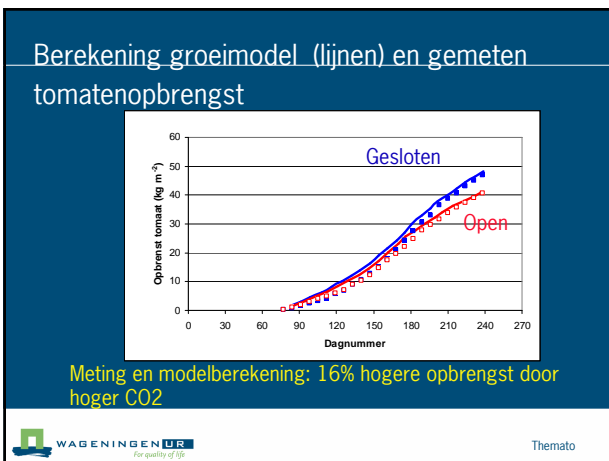
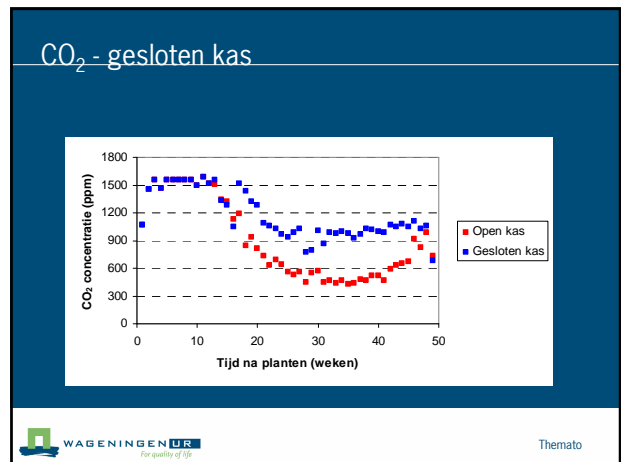
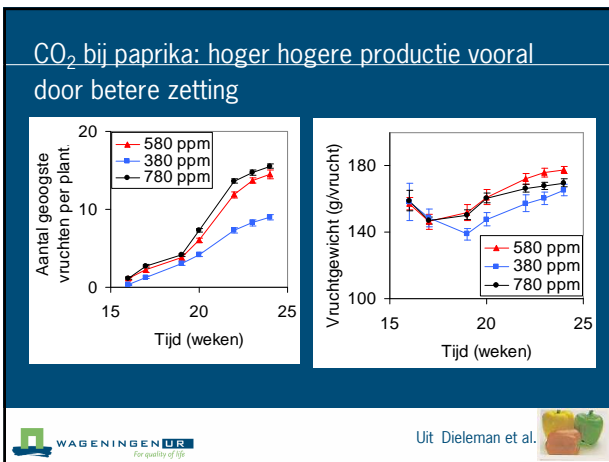
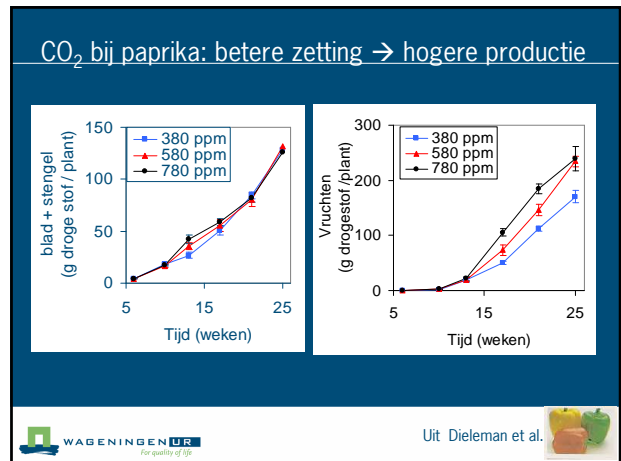
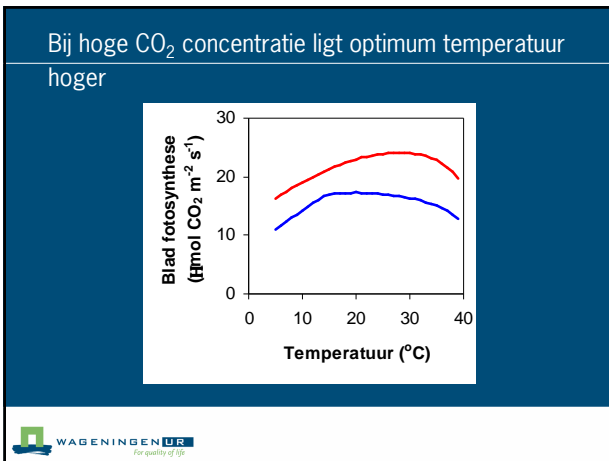
Hogere CO<sub>2</sub> concentratie heeft meeste effect bij veel licht

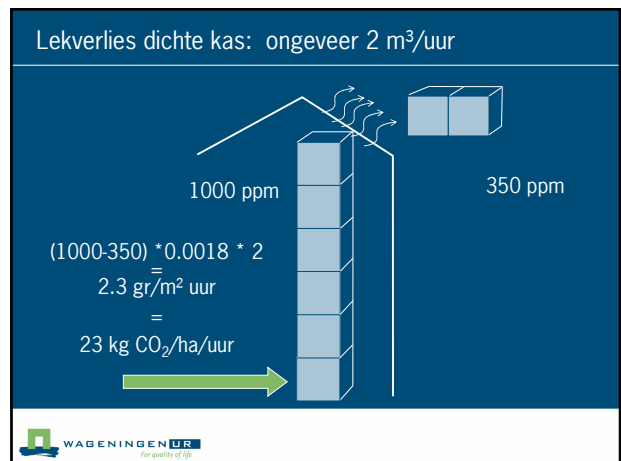
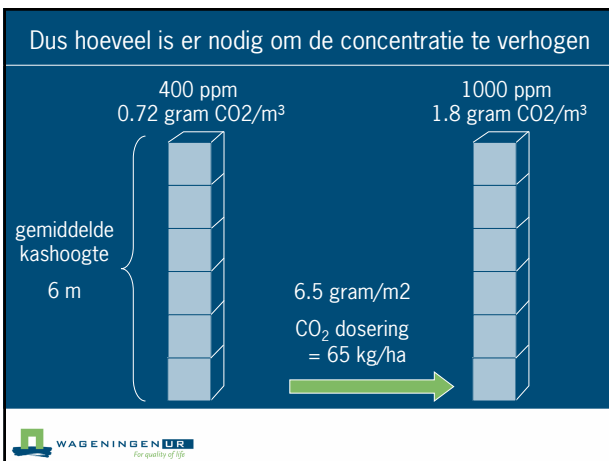
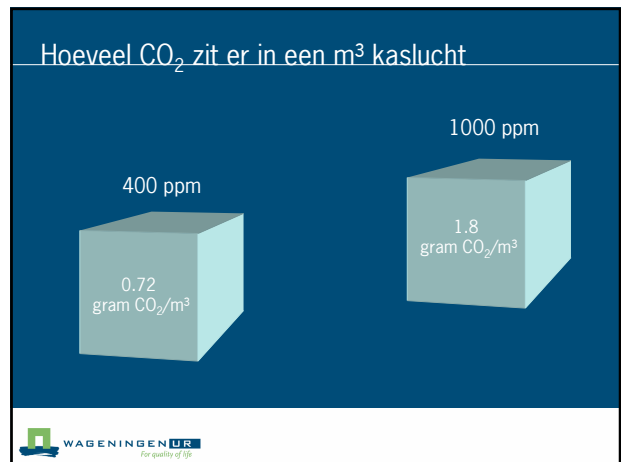
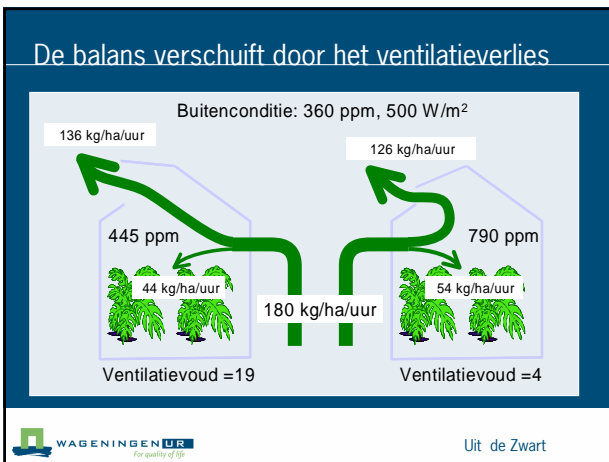
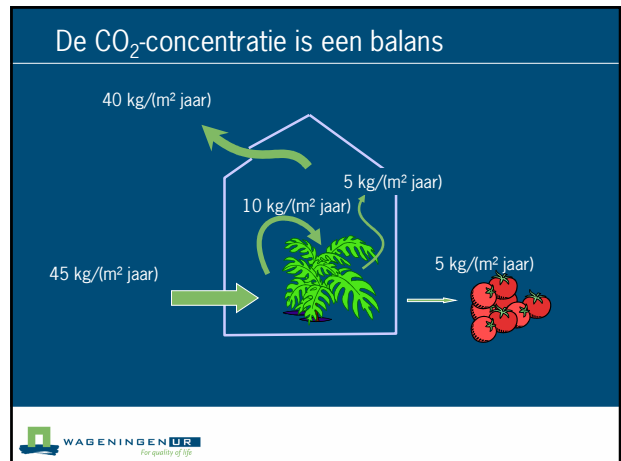
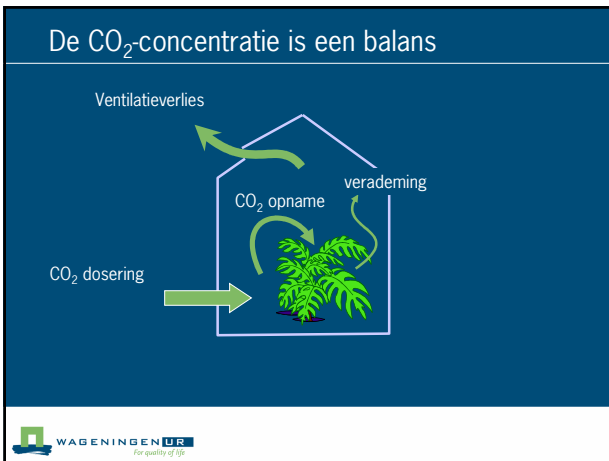
Fotosynthese (umol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)  
CO<sub>2</sub> (ppm)

PAR  
100 umol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>  
250 umol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>  
500 umol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>  
1000 umol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>  
2000 umol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>

WAGENINGEN UR  
For quality of life

Uit Dieleman et al



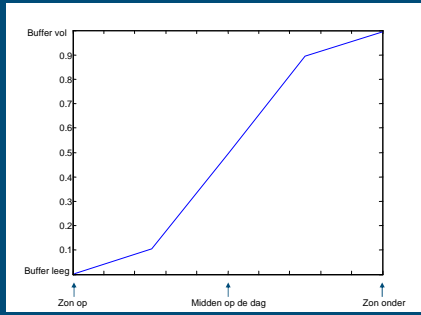



### In de zomer is er veel te weinig CO<sub>2</sub>

- Als veel zon dan heeft CO<sub>2</sub> concentratie meeste effect op plant
- Als veel zon dan ramen open → veel kg's CO<sub>2</sub> nodig om CO<sub>2</sub> concentratie te verhogen
- De kunst is om zo efficiënt mogelijk met de beschikbare CO<sub>2</sub> om te gaan
- Variabelen zijn
  - 'branderstand'
  - 'buffervulcurve'
  - tijdstip waarop met CO<sub>2</sub> doseren wordt begonnen

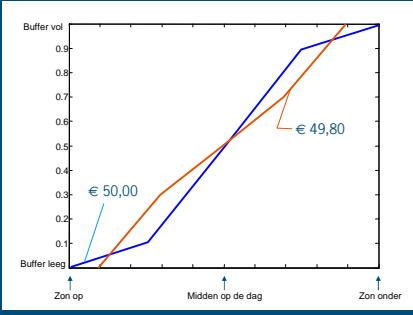



### Effect van de buffervulcurve

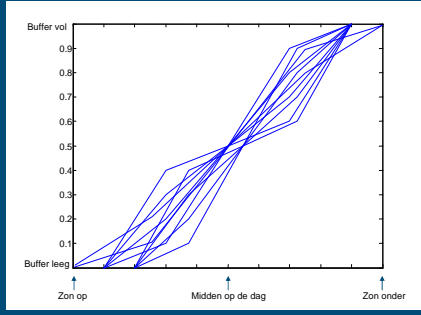

Uit de Zwart

### Effect van de buffervulcurve

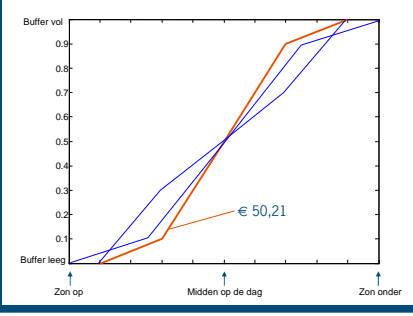

Uit de Zwart

### Effect van de buffervulcurve

Uit de Zwart

### Effect van de buffervulcurve





Uit de Zwart

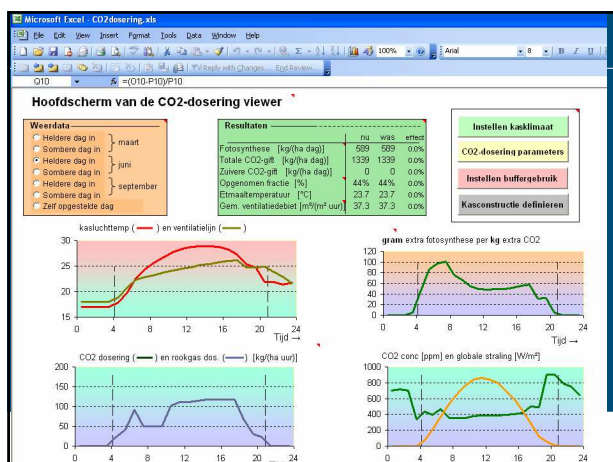
### Optimale verdeling van de CO<sub>2</sub> over de dag

- Bereken het ventilatieverlies op basis van weersverwachting
- Bereken het effect van een kg CO<sub>2</sub> op elk uur van de dag (hiervoor heb je de stralingsverwachting nodig)
- Verdeel de CO<sub>2</sub> zodanig dat de laatste kg op elk uur evenveel opbrengt  
→ € 0,65 per m<sup>2</sup> extra per jaar

→ Rekenprogramma's voor optimalisatie CO<sub>2</sub>



Uit de Zwart



## CO<sub>2</sub>-Optimizer

- Doel:  
Zo efficiënt mogelijke inzet CO<sub>2</sub>-bronnen
- Rekening houden met:
  - klimaatomstandigheden binnen/ buiten de kas
  - buffercapaciteit en gas-/OCAP contracten
  - weersverwachting
- Ontwikkeld door WUR Glastuinbouw en Hortimax



## CO<sub>2</sub>-Optimizer

- Berekent continu extra kosten en extra opbrengsten van CO<sub>2</sub> dosering (rookgas, OCAP, vloeibaar)  
→ optimale instelling voor CO<sub>2</sub> regeling in klimaatcomputer



## Ramen langer dichthouden

- Hogere luchtvochtigheid
- Hogere CO<sub>2</sub> concentratie
- Minder gas (i.v.m. warmte en CO<sub>2</sub>)
- Berekeningen bij komkommer: 1-2€/m<sup>2</sup> voordeel



Uit Raaphorst

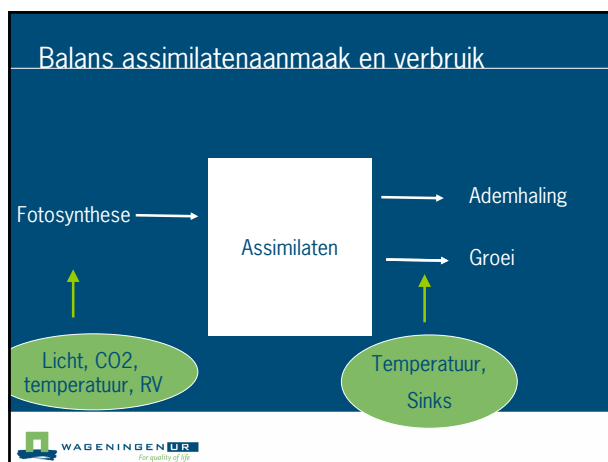
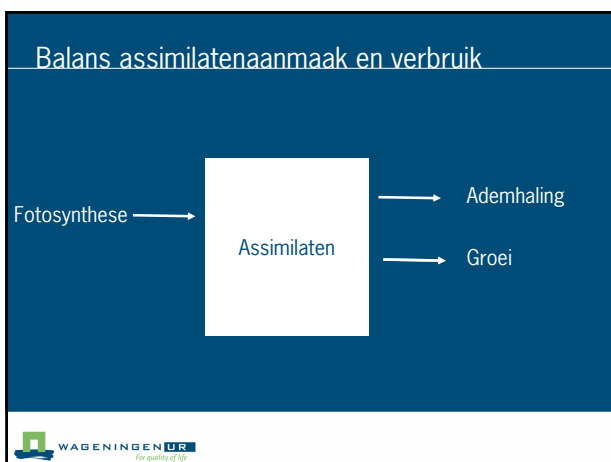
## Praktijkervaring: soms betere groei door verlaging CO<sub>2</sub>



## Praktijkervaring: soms betere groei door verlaging CO<sub>2</sub>

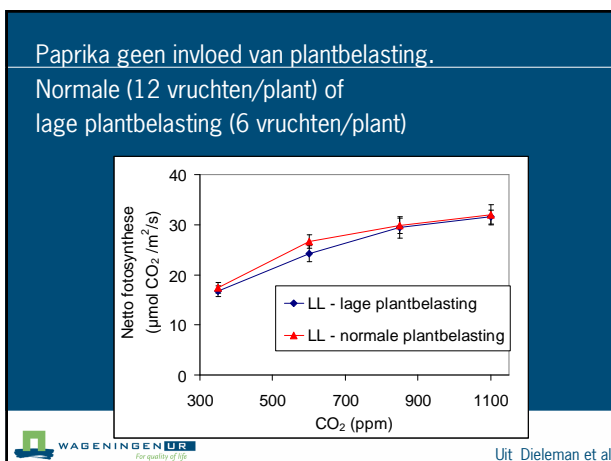
- Geen objectieve onderzoeksresultaten
- Mogelijke oorzaken:
  - onbalans assimilatieaanmaak en -verbruik
  - rookgassen
- In proeven: bladvergelting bij groenten bij concentraties boven 1500ppm



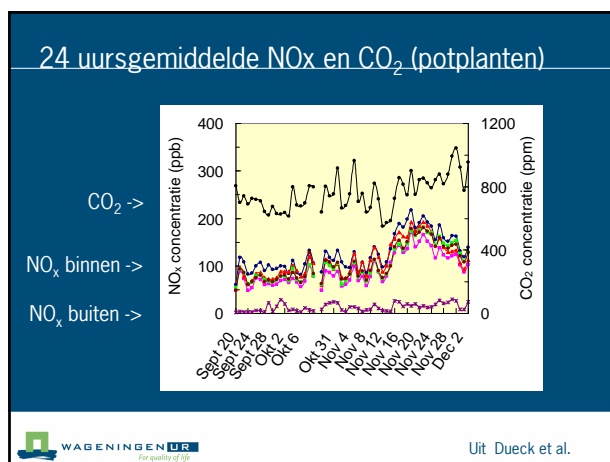
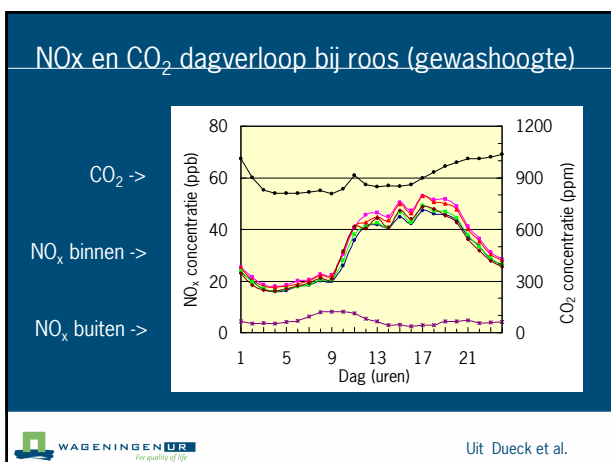


- ### Problemen bij hoge CO<sub>2</sub> concentratie
- Onderzoek tomaat eind jaren 80 (Nederhoff):
    - In zomer bij veel CO<sub>2</sub>: 'kort blad syndroom'
    - Destijds werden geen extra stengels aangehouden
    - Aanhouden extra stengels → probleem grotendeels verholpen
    - Verrassend: hoge nachttemperatuur verergerde probleem. → Gevolg van lage DIF?
- WAGENINGEN UR  
For quality of life

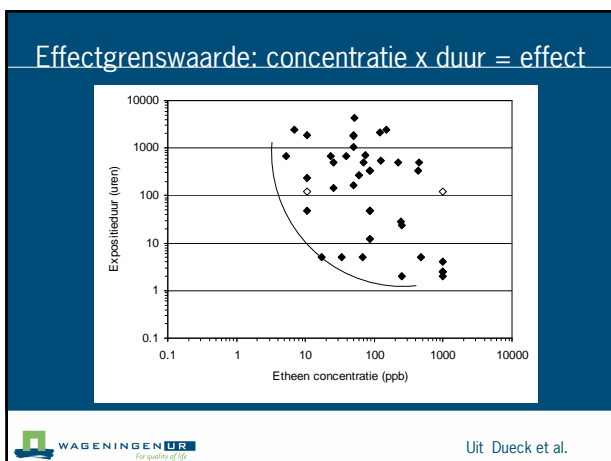
- ### Oplossen problemen bij hoge CO<sub>2</sub> concentratie: herstel balans aanmaak en verbruik assimilaten
- Zoek in eerste instantie in bevordering van assimilatenbenutting
    - Meer stengels per m<sup>2</sup> (vruchtgroenten)
    - Hoge luchtvochtigheid → dunner blad
    - Hogere dagtemperatuur
    - Voornachtverlaging
- Ramen overdag dichter houden
- WAGENINGEN UR  
For quality of life



- ### Rookgassen bij gebruik van de WKK
- Bij doseren van CO<sub>2</sub> ook rookgassen
  - Rookgassen: vooral NO<sub>x</sub> en etheen
  - Maar ook methaan, ethaan, benzeen, hexaan . . .
- WAGENINGEN UR  
For quality of life



- ### Metingen van rookgassen in de kas
- LNV energie programma
  - Wat komt uit de WKK aan rookgassen?
  - Wat 'ziet' het gewas ervan?
  - CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, etheen, methaan (broeikasgas)
  - 6 bedrijven, met verschil in gewas, type WKK, vermogen WKK, type reiniger
  - Resultaat eind 2007
- WAGENINGENUR For quality of life



### Effectgrenswaarden – oud en nieuw

Gas	Acuut		Chronisch	
	Conc (ppb)	Duur	Conc (ppb)	Duur
NO	1000	uren	250	maanden
NO <sub>2</sub>	600	uren	132	maanden
NO <sub>x</sub> – nieuw	40	24 uur	16	jaar
Etheen	50	uren	8	maanden
Etheen – nieuw	11	8 uur	5	4 weken

WAGENINGENUR For quality of life  
Uit Dueck et al.

- Negatieve consequenties van rookgassen ( $\text{NO}_x$  en etheen) behoeven aandacht
- Regelmatig onderhoud WKK (maar ook ketel) essentieel!

## Conclusies

- Steeds meer  $\text{CO}_2$  gebruik, maar nog steeds gemiste kans dat niet iedereen  $\text{CO}_2$  doseert
- $\text{CO}_2$  positief effect bij alle gewassen
- $\text{CO}_2$  werkt vooral via fotosynthese
- Verdubbeling van  $\text{CO}_2$  van 350 naar 700ppm: 30% meer productie
- $\text{CO}_2$  grootst effect op plant bij veel licht en hoge temperatuur
- Echter als ramen open zijn veel kg's  $\text{CO}_2$  nodig om  $\text{CO}_2$  concentratie te verhogen
- Open kas: meeste  $\text{CO}_2$  verdwijnt naar buiten (10% in plant)
- Wees alert op verontreiniging rookgassen

Bedankt voor uw aandacht

© Wageningen UR

