

## Het wortelmilieu: verborgen, maar van groot belang

Ep Heuvelink, Leo Marcelis en Wim Voogt  
Wageningen Universiteit, Tuinbouwketens  
Wageningen UR Glastuinbouw

Met medewerking van: Chris Blok, Anja Dieleman,  
Anne Elings, Pieter de Visser

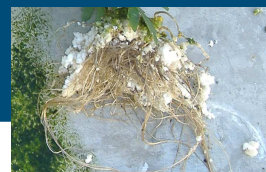


Groeibijeenkomst Westland Energie Services  
15 mei 2008



## Waar gaat het over?

- Wortelstelsel en fysiologie van de nutriëntenopname
- Waterbehoefte en watergift
- pH en EC
- Worteltemperatuur
- Zuurstof in het wortelmilieu

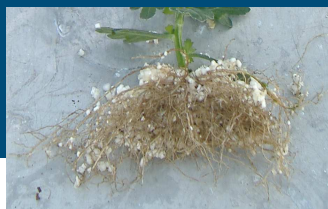


## Rol van het wortelstelsel

- Opname van water en nutriënten
- Verankering van de plant in het substraat of de bodem
- Productie van hormonen (bv. cytokinine)

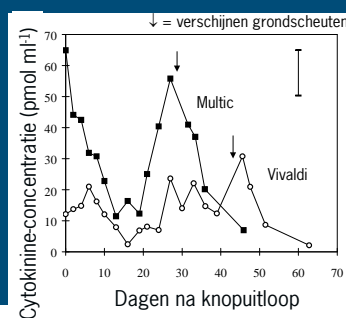
Veel gezonde wortelpuntjes van groot belang

..... dus CO<sub>2</sub> wordt niet  
via de wortels opgenomen  
(juist geproduceerd)



## Er is verschil in wortelstelsels (net als bovengronds)

→ kan d.m.v. onderstammen slim gebruik van worden  
gemaakt (bijv. roos, aubergine, tomaat, paprika?)



Roos Madelon op  
onderstam  
Multic of Vivaldi



## Assimilatenverdeling: relatief weinig naar de wortels

- Bovengronds 85%
- Ondergronds 15% waarvan:
  - Onderhoudsademhaling wortels 3%
  - Voor wortelgroei 5%
  - Voor nutriëntenopname 7%

Veel licht, lagere temperatuur, weinig vruchtgroei  
→ relatief meer wortelgroei

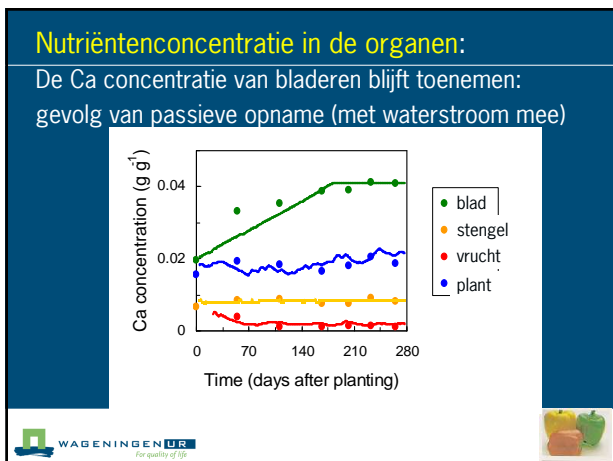
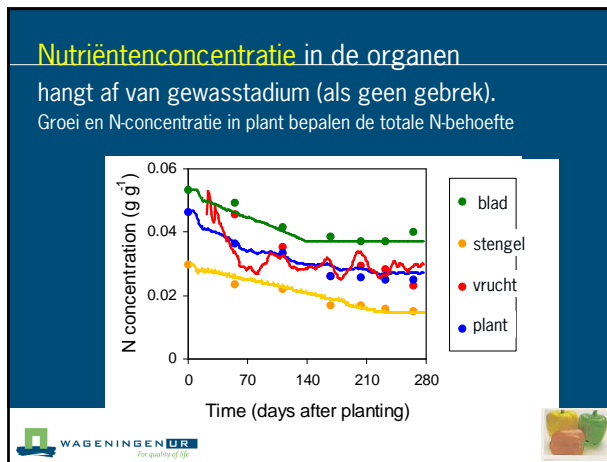
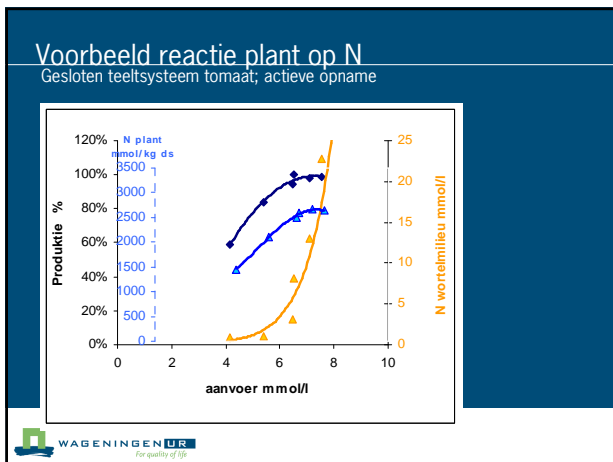
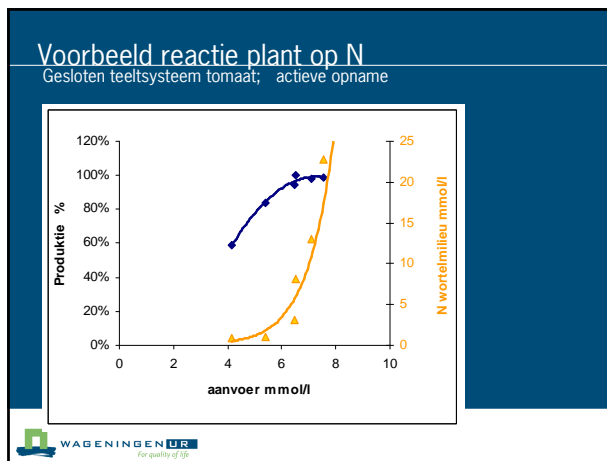
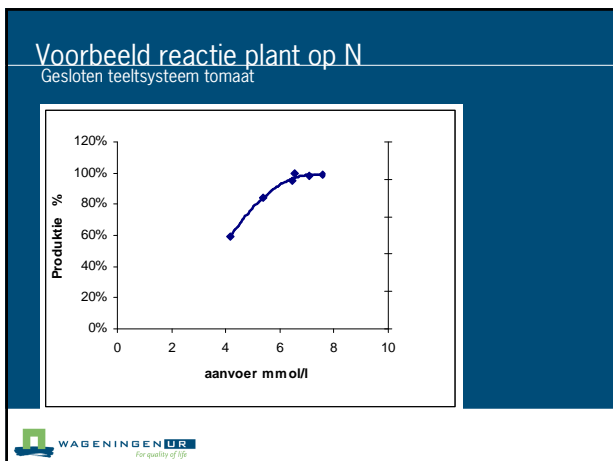
Snoei bovengronds (bv. oogst rozen) → wortelsterfte



## Nutriëntenopname

- Deels **passief** (met de waterstroom mee), deels **actief**
- N, P, K; actieve opname
- Ca, B; passieve opname
- Overige ionen; beide mechanismen



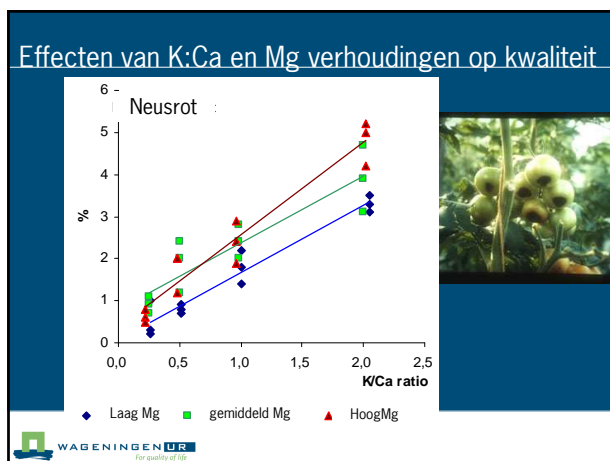
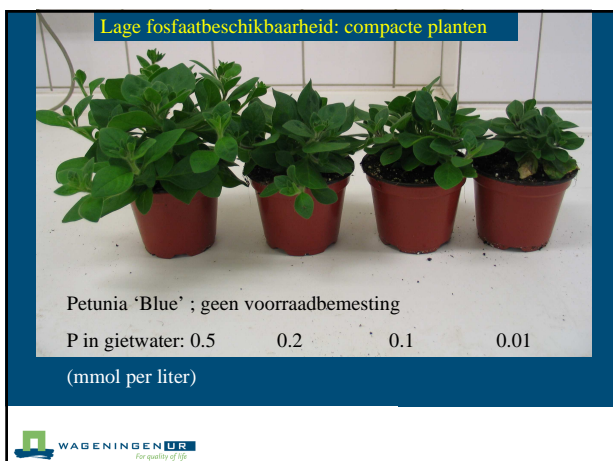
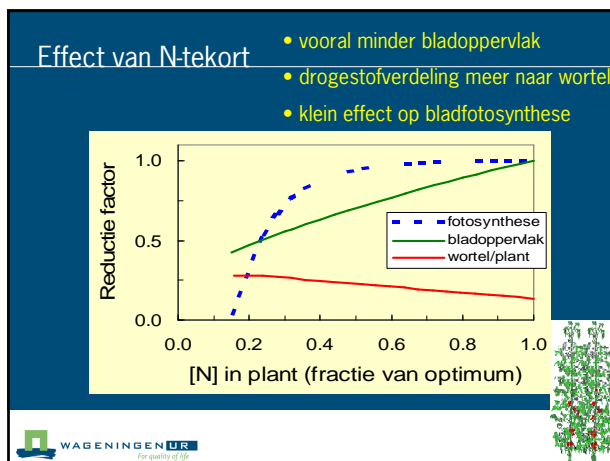
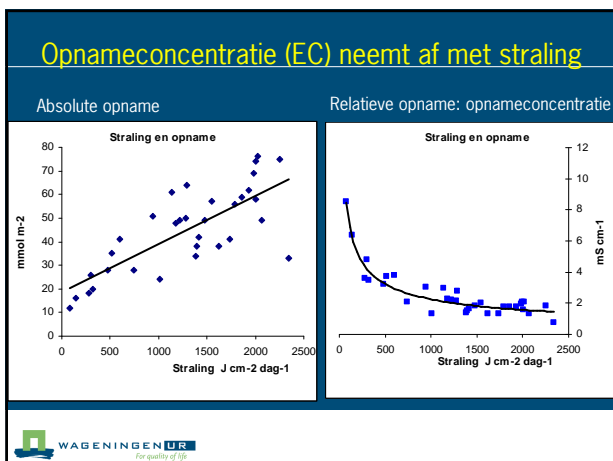
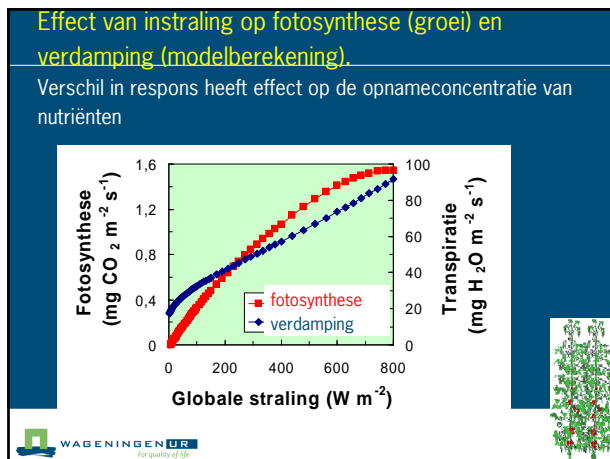
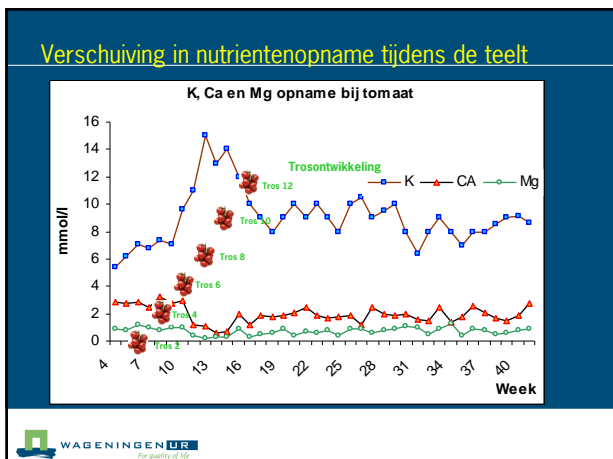


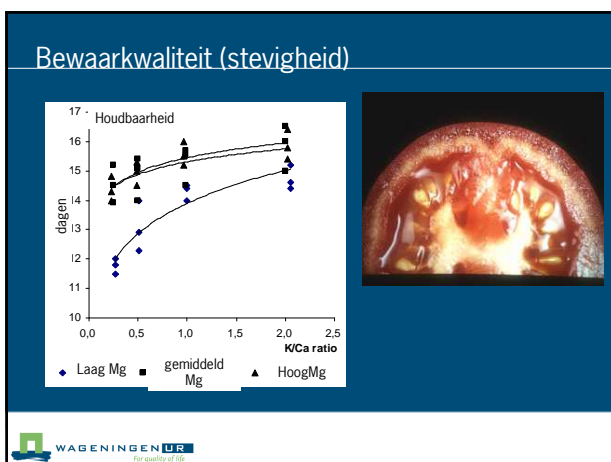
### Nutriëntenbehoefte ≠ Waterbehoefte

Echter: in praktijk nutriëntengift gekoppeld aan watergift

- Waterbehoefte voornamelijk bepaald door gewasverdamping (vooral straling)
- Nutriëntenbehoefte voornamelijk bepaald door potentiële groei (gewasstadiumafhankelijk)

WAGENINGEN UR For quality of life



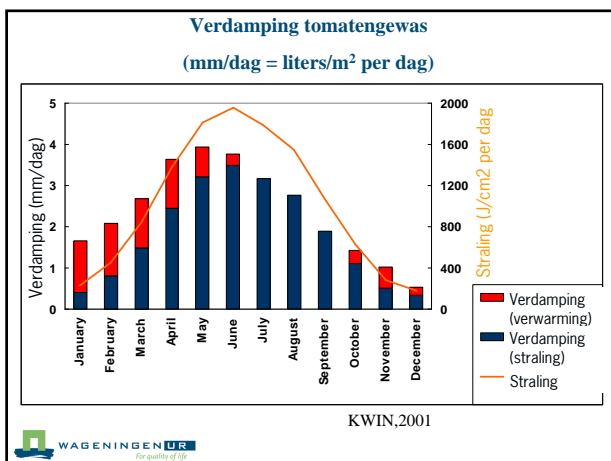


### Watergift: hoeveel en wanneer ?

90% voor verdamping, slechts 10% voor versgewichtstoename

Verdamping  
Vooral bepaald door instraling

Maar ook van belang: gewasomvang, vochtigheid kaslucht, temperatuur verwarmingsbuizen



### Wat zijn gevolgen van watertekort voor de opbrengst ?

Verminderde bladstrekking → minder lichtonderschepping en dus minder gewasfotosynthese

Huidmondjes (deels) dicht → minder fotosynthese

Toename drogestofgehalte vruchten → minder versgewicht

Zelfde effecten als voor hoge EC (zoutstress)

### Invloed vochtgehalte substraat op productie

- Over brede range weinig effect (steenwol tussen ca. 55 en 75%), als:
  - geen droge/natte plekken
  - watergift regelmatig en afgestemd op de vraag
- Te nat:** zuurstoftekort bij de wortels; hangt ook af van substraatdikte en poriëngrootteverdeling
- Te droog:** watertekort

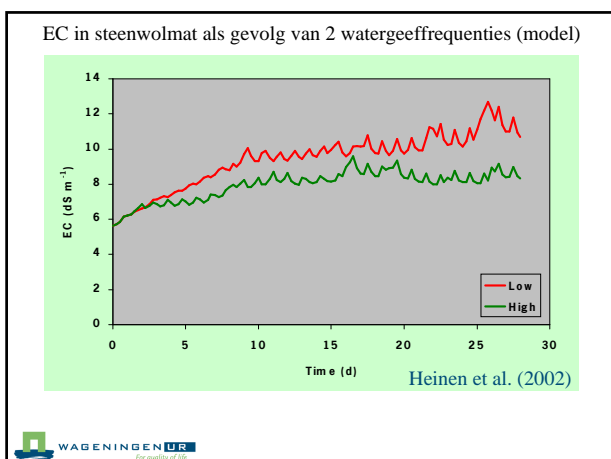
### Wanneer water geven ? (1)

Vele korte beurtjes, of enkele grote beurtjes?

Vele korte beurtjes:

- constantere water status
- meer variatie tussen de druppelaars (niet indien drukgecompenseerd)
- minder accumulatie van zouten (volgende dia)

Effect van watergeefstrategie is vaak effect van EC in het wortelmilieu



Wanneer water geven ? (2)

‘Standaard strategie’ of ‘plant bepaalt’ ?

Paprika proef op steenwol  
Plantdatum: 22 December  
Einddatum: 29 September  
Plantdichtheid: 4.2 planten per m<sup>2</sup>  
Cultivar: Spirit

2 strategieën: ‘Standaard’ en ‘Plant bepaalt’

WAGENINGEN UR  
For quality of life

Wanneer water geven ? (3)

“Standaard”

- ongeveer 2.5 ml per J globale straling (zonnige dag 2000 J cm<sup>-2</sup> → 5 liter per m<sup>2</sup>)
- ’s avonds en ’s nachts geen watergift
- matwatergehalte van ongeveer 65%

“Plant bepaalt”

- 50% matwatergehalte

In beide behandelingen watergift vanuit voorraadbakken met EC=3 dS m<sup>-1</sup> of EC = 1 dS m<sup>-1</sup> afhankelijk van de EC in de mat.

WAGENINGEN UR  
For quality of life

2 watergeefstrategieën bij paprika vergeleken

	standaard	plant bepaalt	% van stand.
Gemiddelde EC gift (dS/m)	2.4	1.5	64
Gem. EC mat & drain (dS/m)	2.9	2.9	100
Matwatergehalte (%)	63	49	78
Watergift (l/plant)	345	157	46
Wateropname (l/plant)	143	139	100
Yield (kg/plant)	4.2	4.2	100

Watergeefstrategie had geen invloed op opbrengst (bij gelijke EC !!)

WAGENINGEN UR  
For quality of life

pH (= zuurgraad)

- Een maat voor de concentratie H<sup>+</sup> ionen in water of waterige oplossingen

elk pH punt lager is 10 maal zo grote concentratie

$pH = -\log [H^+]$  waarbij [H<sup>+</sup>] in mol/l

H<sup>+</sup> = 10 mmol/l = 0.01 mol/l = 10<sup>-2</sup> log = -2, -log = 2, dus pH=2

- Hoe hoger de concentratie H<sup>+</sup>, hoe groter de **zuurgraad**, maar hoe **lager** het getal

WAGENINGEN UR  
For quality of life

pH van belang voor:

1. Opname voedingselementen

**Moeilijker opneembaar bij:**

<b>Hoge pH</b>	<b>Lage pH</b>
Fe	Mo
Mn	
Zn	
B	
P	
Ca	Ca
Cu	B

WAGENINGEN UR  
For quality of life



pH van belang voor:

- 2. Druppelsystemen
  - Voorkoming neerslagen  
bv. Calciumfosfaat, Calciumcarbonaat, Magnesiumfosfaat
- 3. Substraat
  - Afbraak steenwolvezel < 4.8

WAGENINGEN UR  
For quality of life

pH van belang voor:

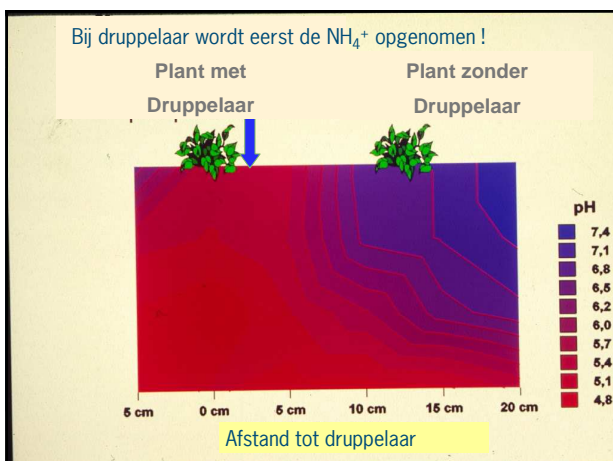
- 4. Wortels
  - pH < 5 Bruine wortels / wortelverkuring (tomaat paprika)
  - pH < 4.5 wortelafsterving
- 5. Wortelpathogenen
  - Hoge pH stimulering Fusarium, Humicola

WAGENINGEN UR  
For quality of life

Plant beïnvloedt de pH (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> verhouding)

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> opname effect

WAGENINGEN UR  
For quality of life



De kationen en anionenbalans

Na snee rozen: veel vegetatieve groei, veel NO<sub>3</sub> opname → pH stijgt

WAGENINGEN UR  
For quality of life


**EC = elektrische geleidbaarheid (dS per m)**

Te lage EC

- nutriëntentekort, "weke" planten


Te hoge EC (zoutstress)

- opbrengstreductie (zelfde redenen als bij waterstress)
- Fysiogene afwijkingen (locaal Ca-gebrek)
- Hoog drogestofgehalte (betere smaak tomaat)

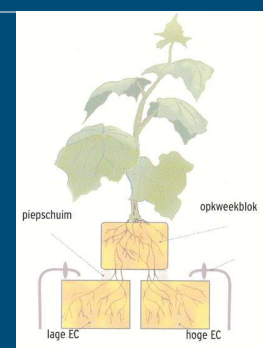


**Hogere EC in de nacht, lage EC overdag: daar is voordeel te behalen**

- Overdag wateropname makkelijk maken; minder kans op stress (passieve opname van ionen is hieraan gekoppeld)
- 's Nachts kan voldoende actieve ionopname plaatsvinden




**Split-root systemen**



Iedere helft van het wortelsysteem kan verschillende condities krijgen (bijv. andere EC)


Sonneveld (2000)




**Opbrengst tomaat geteeld met 'split-root' (iedere wortelhelft z'n eigen EC)**

EC	Opbrengst (kg/m <sup>2</sup> )	%
2.5 / 2.5	24.0	100
5.0 / 5.0	21.1	88
<b>5.0 / 2.5</b>	<b>23.7</b>	<b>99</b>

\* Gemiddelde EC in de mat wellicht niet altijd de juiste maat is  
 \* Plant flexibel is en dat variatie in wortelmilieu (zoute plekken) niet perse een probleem hoeven te zijn




**EC invloed op Kalanchoe**



Cultivar	EC=1.3	EC=3
Anatole	66	59
Bromo	76	66
Y. Josephine	85	75
Tenorio	73	66



- Reactietijd bij EC 3 significant korter dan bij EC 1.3



21 °C

EC invloed op Kalanchoe cv. 'Tenorio'

EC	2→3	2→1.3	1.3	
Hoogte	19.6	22.5	23.8	23.1
Genera.	8.4	10.9	12.7	13.5

## Substraatvolume

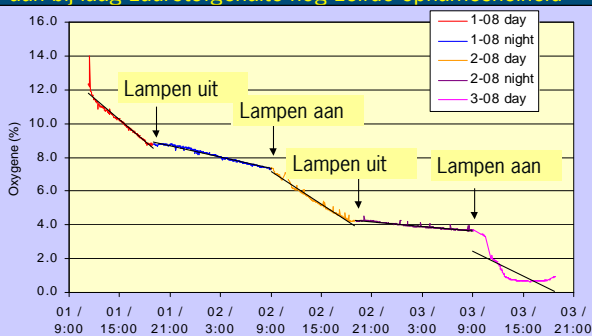
- In bodem 300 liter wortelvolume per m<sup>2</sup> (30 cm), substraatteelt 10-12 liter; hoe laag kunnen we gaan?
- Onderzoek eind jaren 80, begin jaren 90:  
Bij minder dan 10-12.5 liter steenwol/m<sup>2</sup> vaak lichte opbrengstreductie
- Anderzijds: ook teelt zonder substraat mogelijk (NFT)

## Zuurstofverbruik wortels

- Jonge komkommers en tomaten:  
ca. 0.2 mg O<sub>2</sub> per uur per g wortelversgewicht
- Wortelpunt verbruikt meer dan gemiddeld (3x)
- Als één dag 20-30% O<sub>2</sub> beschikbaarheid → wortelsterfte



## Meting zuurstofgebruik komkommer; aan bij laag zuurstofgehalte nog zelfde opnamesnelheid



## Zuurstof: transport is relevanter dan concentratie

- Gebruik per uur:  
0.2 mg per gram versgewicht wortel
  - 200 mg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> (bij 1000 g wortels per m<sup>2</sup>)
- Max. aanvoer met water: max 9 mg O<sub>2</sub>/L
  - 9 mg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>
- Meeste zuurstof komt uit lucht
  - Water beweging (massa transport)
  - Diffusie
- Zolang watergehalte < 70-75%; geen zuurstoftekort

## Kwaliteit gietwater van groot belang

- Lage EC (liefst ongeveer nul)
- Geen vervuiling met algen, ziektekiemen etc.
- Geen schadelijke gassen

En ook:

- Zuurstof (lucht) aanwezig; geen dood water!

## Te lage temperatuur gietwater

- Te lage worteltemperatuur
- Er kan condensatie op de stengel optreden  
→ botrytis risico

### 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)

#### Algemeen

Worteltemperatuur veel minder grote effecten dan kasluchttemperatuur, maar .....

Om bijv. Freesia, Alstroemeria jaarrond te kunnen telen is bodemkoeling noodzakelijk



### Conclusies

- Water en nutriëntenopname zijn verschillende processen → regeling ontkoppelen ?
- Wateropname vooral stralingsafhankelijk
- Nutriëntenopname vooral gedreven door potentiële groei en concentratie van plantorganen
- Opnameconcentratie is niet constant
- EC: **te laag** → gebrek; **te hoog** → wateropname moeilijker



### Conclusies

- Effecten van N-tekort, hoge EC en watertekort vooral op bladoppervlakte
- Met nutriënten opbrengst verder verhogen: nee; voorkom **echter fouten!**
- Nutriënten belangrijke rol bij kwaliteit
- Lage EC overdag en hogere EC 's nachts kan opbrengst verhogen zonder kwaliteitsverlies
- pH regelen via pH-druppelwater maar vooral via  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  verhouding
- Zuurstof moet bij de wortels komen "uit de lucht"; er is maar weinig zuurstof opgelost in water



### Bedankt voor uw aandacht

© Wageningen UR

