

Workshop Energiek-event 7 april 2016

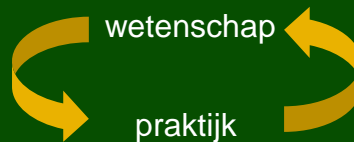
Energie en CO₂ besparen bij CAM planten?

Sander Hogewoning
Plant Lighting B.V.

7 april 2016



- Team:
 - Dr. ir. Sander Hogewoning, Dr. ir. Govert Trouwborst, ing. Reinder van der Spek
- Expertise o.a.:
 - fotosynthese, verdamping en CO₂
 - plantreacties op lichtkleur
 - lichtbronnen (o.a. LED) en stuurlicht
 - phenotyping
- Wij doen onderzoek voor:
 - tuinders & veredelaars
 - toeleveranciers
 - kennisinstituten
 - overheid en belangenorganisaties



Missie : Vertaling wetenschappelijke kennis naar praktijk-innovaties

Inhoud

- CAM-planten: Wat is daar bijzonder aan?
- Lichtbenutting CAM-planten
- CO₂ benutting CAM-planten
- Discussie/vragen



CAM: Crassulacean Acid Metabolism

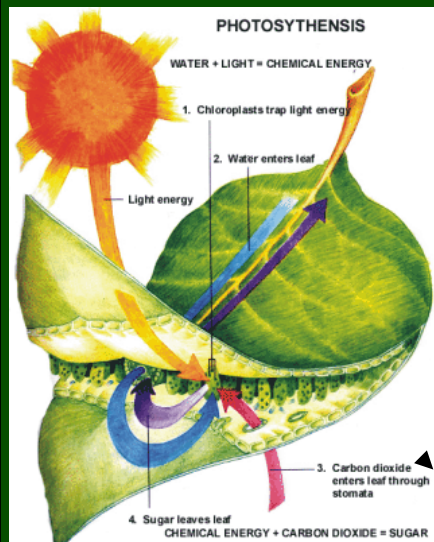
- Wie CAM?
 - cactussen, vetplanten
 - epifyten (o.a. phalaenopsis, bromelia's)
- Wat CAM?
 - 's nachts CO₂ opnemen, terwijl 'normale' C3-planten dat overdag doen. C4-planten nemen ook overdag CO₂ op.
- Waarom CAM?
 - water sparen: verdamping veel lager per gram gefixeerd CO₂
- Tegen welke prijs CAM?
 - Groeisnelheid: ~10 keer lager dan C3-planten



Crassula ovata



C3 Fotosynthese: Opname CO₂ kost altijd water



Primaire bouwstoffen:

- CO₂ & water

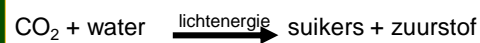
Energiebron:

- licht

Binden CO₂:

- enzym 'Rubisco'

Fotosynthese:



Klassieke CAM-fotosynthese

Vier fasen:

- Fase 1, nacht:
 - Huidmondjes open en CO₂-opname: CO₂ gebonden door enzym PEP-C en vastgelegd in malaat (appelzuur).
- Fase 2, overgang naar dag:
 - Huidmondjes sluiten en start afbraak malaat. Mogelijk kortstondig (directe) C3 fotosynthese.
- Fase 3, overdag:
 - Gesloten huidmondjes + afbraak malaat. Vrijkomend CO₂ door enzym 'Rubisco' gebonden >vervolgens 'normale' fotosynthese
- Fase 4, overgang dag naar nacht:
 - Malaat op, huidmondjes gaan weer open en mogelijk kortstondig (directe) C3 fotosynthese.



Aantal typen CAM-fotosynthese

- CAM-cycling: *overdag C3 (huidmondjes open) en 's nachts CO₂ uit respiratie vastleggen als malaat*
- Klassiek CAM: *vier fasen*
- CAM-idling: *huidmondjes dag- en nacht gesloten, netto dus geen CO₂ opname en ook geen verlies. Bij extreme droogte.*

Verder kunnen planten *facultatief* of *obligaat* CAM zijn.

- Facultatief: *plant kan switchen tussen C3 en klassiek CAM afhankelijk van de omstandigheden (bijvoorbeeld Clusia)*
- Obligaat: *klassiek CAM als volwassen plant. Juveniele planten soms C3 of facultatief CAM (bijvoorbeeld Kalanchoë)*

Zinvol om dit te weten van je gewas i.v.m. belichten en CO₂ doseren!



CAM: Ondergeschoven kindje in plantenonderzoek....

- Zoekwoorden in literatuur data-base Scopus:
 - Tomato (43.558) én photosynthesis (958)
 - Phalaenopsis (567) én photosynthesis (30) én CAM (15)
 - Clusia (380) én photosynthesis (51) én CAM (46)
 - Kalanchoe (978) én photosynthesis (69) én CAM (52)
 - Bromeliad (960) én photosynthesis (51) én CAM (32)
- Waarom weinig onderzoek naar CAM?
 - Tomaat, rijst, tarwe, soja, etc. veel belangrijker voor de wereld
 - Maar voor Nederlandse tuinbouw is CAM wel van belang!
 - Phalaenopsis nr. 1 potplanten (500M€), kalanchoë nr. 2 (60 M€)
- CAM: Nog veel vragen hoe plant licht en CO₂ benut.
 - Recent aantal onderzoeken Kas als Energiebron

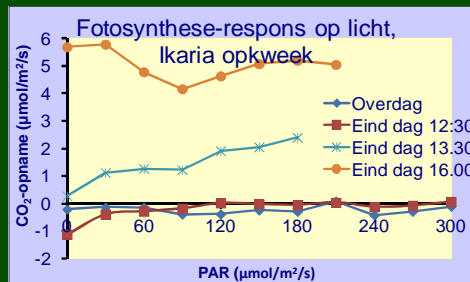
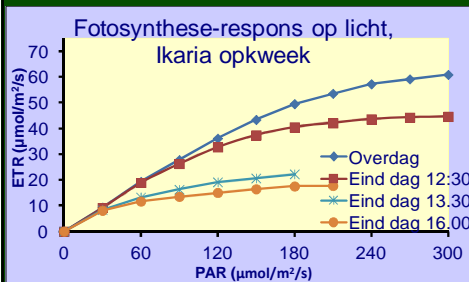


Gaat belichting CAM-planten efficiënt in de glastuinbouw?

case Phalaenopsis....



Phalaenopsis 'Ikaria' (november 2012): Malaat op rond de middag, lichtbenutting daarna laag (of nihil?)



- Verlies rendement begint zeer vroeg in de middag!
- Rond 16.00 CO₂-opname onafhankelijk van licht! Dus plant is dan CAM. CAM-test laat ook weer lichtere kleur zien, dus toename malaat...



Gedachtelijn op basis voorgaande slide:

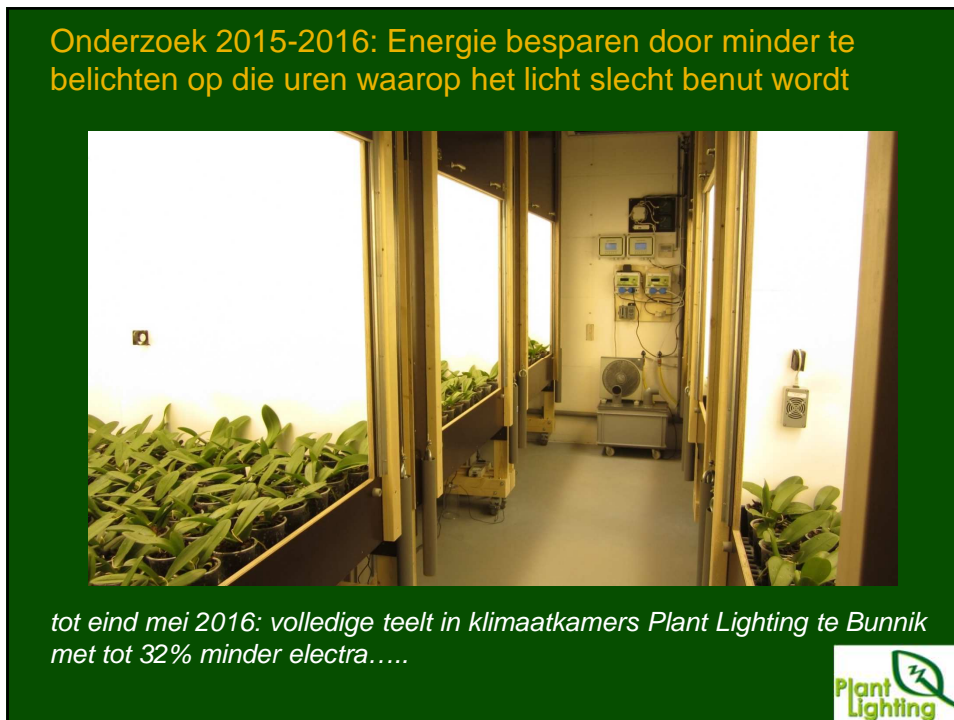
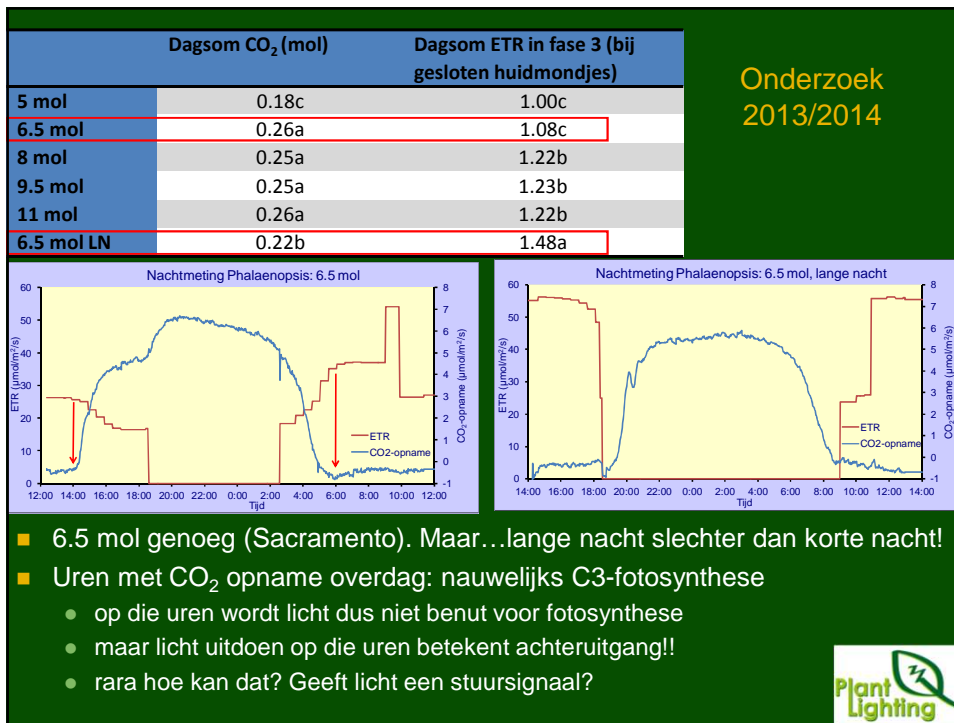
- Licht draagt niet bij aan fotosynthese vanaf middaguur
- Veel gratis daglicht blijft onbenut!
- Oorzaak: malaat al op door vroege start belichting
- Oppervlakkige conclusie: Vroeg starten met belichten is onzin.
 - Bespaar energie door lampen later aan te zetten en benut het gratis daglicht
- Maar... waarom wordt dan zoveel belicht in de praktijk?
 - Andere rassen C3-fotosynthese dominanter?
 - Terugkoppeling tussen lichtsom en malaatvoorraad?
 - Lichtsom aantoonbaar effect op bladdikte en dus op 'ruimte' voor malaatopslag
 - Waar ligt de grens?



Uitvoering afkweek-proef 2013-2014

- Sacramento en Atlantis
- Geschiedenis van 6 tot 7 mol in opkweek en koeling
- Na koelingfase bij Levoplant naar klimaat-units Plant Lighting te Bunnik
- Afgekweekt bij 5, 6.5, 9.5 en 11 mol (11 mol alleen bij Sacramento)
- 6.5 mol ook bij langere nachtlengte uitgevoerd



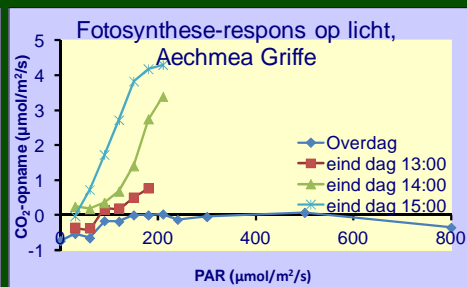
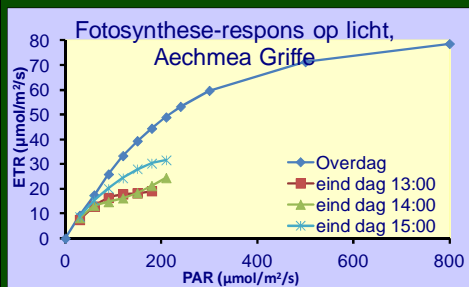


Metingen Phalaenopsis ook relevant voor andere gewassen?

- Bromelia Aechmea/ Tillandsia/ Ananas: Ja
 - Maar niet 1 op 1 te vertalen. Aechmea aantoonbaar veel meer C3 fotosynthese dan Phalaenopsis
- Kalanchoë: Minder relevant, want maar 10 uur daglengte
- Andere CAM-soorten veelal (nog?) onbelicht



Gedrag Aechmea in de middag



- 'eind dag' begint vroeg: malaat raakt al op!
- Als Aechmea op C3 verder gaat, stijgt het rendement van de lichtbenutting weer!



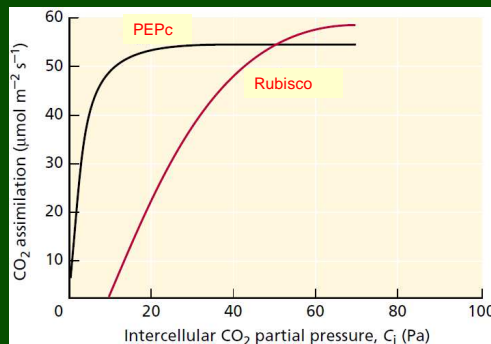
Gaat CO₂ dosering CAM-planten efficiënt in de glastuinbouw?

case Phalaenopsis....



Theorie CAM, sleutelenzymen CO₂-opname

- Sleutelenzym binding CO₂ nacht: PEPc, affiniteit voor CO₂ is hoog!
- Sleutelenzym binding CO₂ overdag: Rubisco, affiniteit voor CO₂ is laag!



- Kort door de bocht: Nachtelijke CO₂-dosering heeft geen zin?
- Maar...huidmondjes zijn zeer grote barrière bij phalaenopsis!



Literatuur: toename biomassa bij CAM?

Table 2 Response of biomass of CAM plants to long-term (>1 month) exposure to nearly doubled atmospheric CO₂ concentrations as a percentage increase over controls maintained under ambient atmospheric CO₂ concentrations for the same period

Species	Biomass (% increase)	References
<i>Agave deserti</i>	30–31	Nobel and Hartsock (1986), Graham and Nobel (1996)
<i>Agave salmiana</i>	17	Nobel (1996)
<i>Agave vilmoriniana</i>	28	Isdo et al. (1986)
<i>Aechmea fasciata</i> "Primeria"	-25	Croonenborghs et al. (2009)
<i>Aechmea magdalenae</i>	36	Ziska et al. (1991)
<i>Aechmea</i> "Maya"	0	Croonenborghs et al. (2009)
<i>Ananas comosus</i>	-10	Ziska et al. (1991)
	23	Zhu et al. (1997)
<i>Ferrocactus acanthodes</i>	30	Nobel and Hartsock (1986)
<i>Opuntia ficus-indica</i>	21–55	Cui et al. (1993), Cui and Nobel (1994), Nobel and Israel (1994)
<i>Kalanchoë blossfeldiana</i>	37	Mortensen and Moe (1992)
<i>Kalanchoë pinnata</i>	42–51	Winter et al. (1997)

- Zeer wisselend effect van CO₂: meestal positief, soms fors negatief!



Resultaten proeven op plantniveau (I)

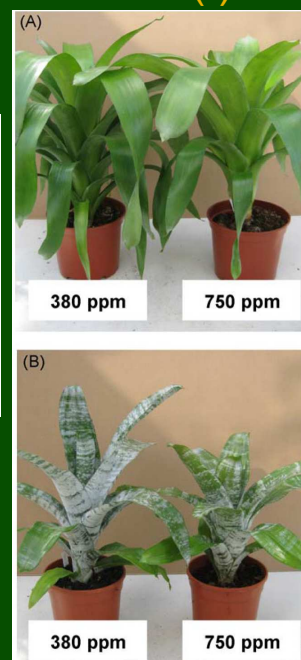
- Croonenborghs et al 2009:

Table 1

Fresh weight (g), dry weight (g) and amount of leaves of plants belonging to *Aechmea* 'Maya', *Aechmea fasciata* 'Primeria' and *Guzmania* 'Hilda' grown at ambient (380 ppm) and elevated (750 ppm) CO₂. The results are shown as a mean ± standard deviation ($n = 15$ plants). Mean values marked by * are significantly different ($\alpha = 0.05$).

		380 ppm	750 ppm
<i>Aechmea</i> 'Maya'	Fresh weight (g)	699 ± 223	661 ± 92
	Dry weight (g)	98 ± 34	91 ± 12
	Amount of leaves	29 ± 2	29 ± 3
<i>Aechmea fasciata</i> 'Primeria'	Fresh weight (g)	359 ± 25	268 ± 17*
	Dry weight (g)	44 ± 3	33 ± 2*
	Amount of leaves	18 ± 1	16 ± 1

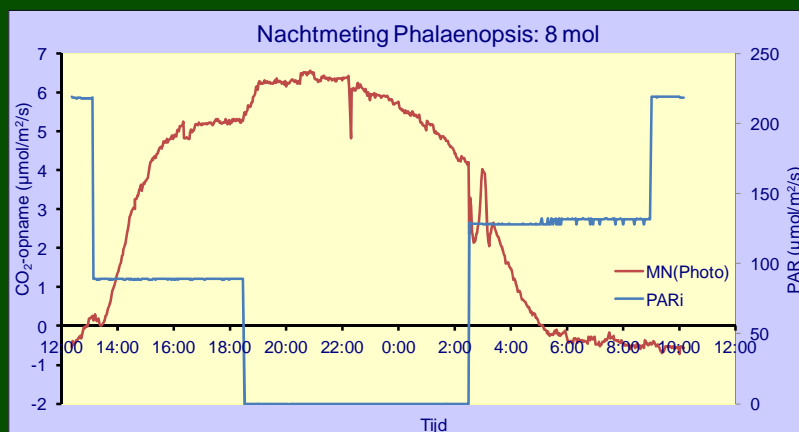
- Verhoogd CO₂-niveau werkte niet tot fors negatief bij deze CAM-planten



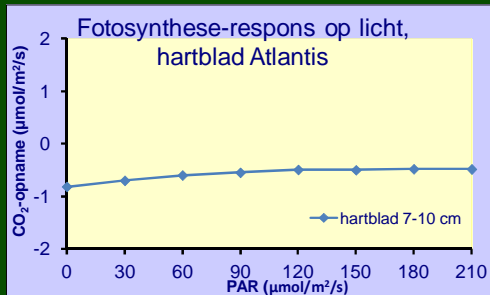
Lopend CO₂ onderzoek TTO, Plant Lighting en Demokwekerij:



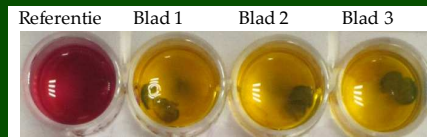
1. Nacht: Verhoogt CO₂ doseren de CO₂ opname-snelheid?
2. Nacht: Is het zinvol om de CO₂ opnamesnelheid verhogen?
 - In een ontwikkeld blad geldt vol=vol?
 - Op langere termijn aanpassing naar grotere malaat-opslag?
3. Overgang nacht/dag en dag nacht: Als de malaatpool sneller vol is, vindt dan meer directe C3 fotosynthese plaats tijdens overgangen?
4. Dag: CO₂ doseren zinvol?
 - Alleen als er een significante hoeveelheid C3-blad is....!
 - We verwachten van niet....



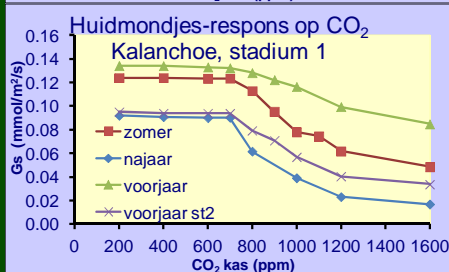
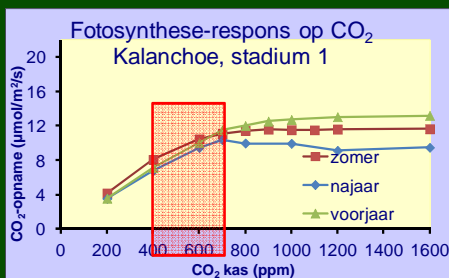
Wat doet het hartblad?



- Metinegn Sacramento/Atlantis: hartblad=CAM
- Is dit anders onder andere omstandigheden?
 - Opkweek?
 - Ras?
 - Kasklimaat?



CO₂-rendement Kalanchoë



- Effect van 700 ppm optimaal
- Huidmondjesopening reageert scherp op CO₂ boven 700 ppm
- NB metingen zijn korte termijn, dus huidmondjeseffect onderschat?



Dank voor uw aandacht!



Sander Hogewoning
030 75 12 069

info@plantlighting.nl
www.plantlighting.nl

Plant Lighting BV
Veilingweg 46
3981 PC Bunnik (NL)

