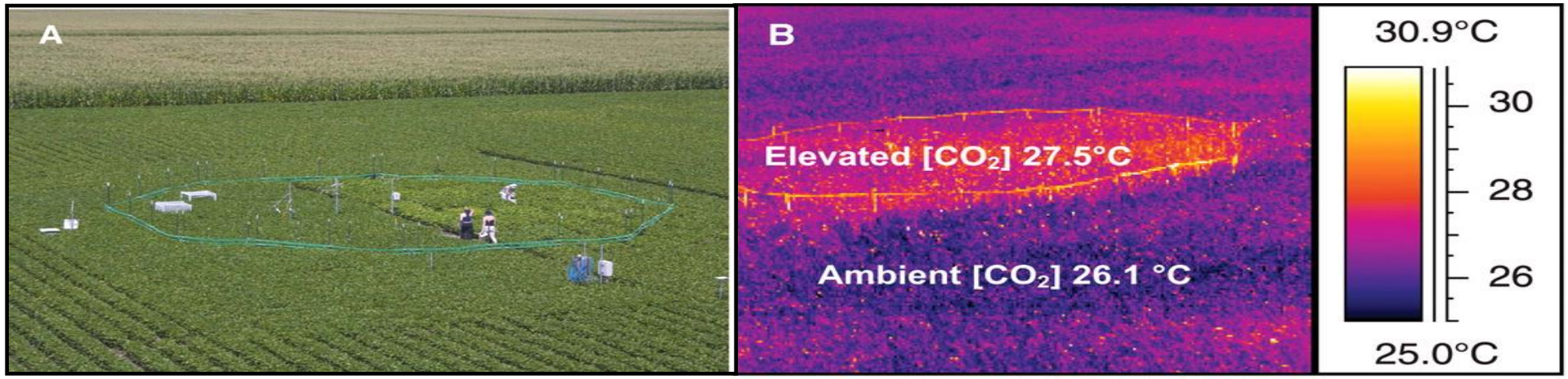
CO_2 oplossingen voor een toekomstbestendige glastuinbouw



Govert Trouwborst (Plant Lighting B.V.)

Maarten Vliex (Botany B.V.)

KAS ALS ENERGIEBRON

Botany INDOOR AGRO R&D

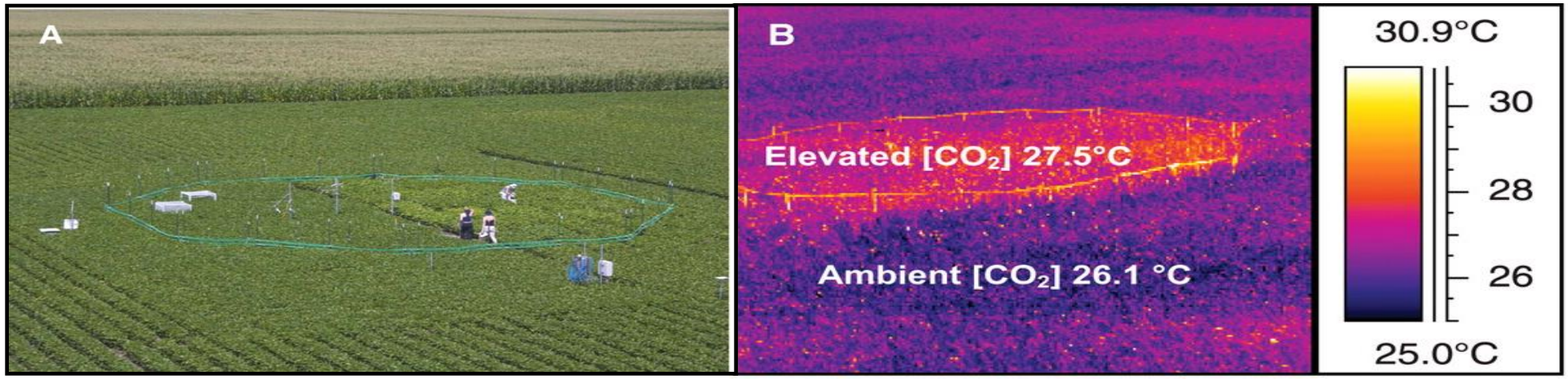
Plant Lighting

Inhoud

- Govert Trouwborst van Plant Lighting
  - Belang van CO_2 voor groei
  - Efficiënt doseren: ventilatievoud, licht en rendement van CO_2-dosering
    - Effect van niet of laag doseren doorgerekend

- Maarten Vliex van Botany
  - Noodzaak en de oorzaak
  - Belang van CO2
  - Denkbeelden toekomst

Efficiënt CO_2 doseren, hoe doe je dat?

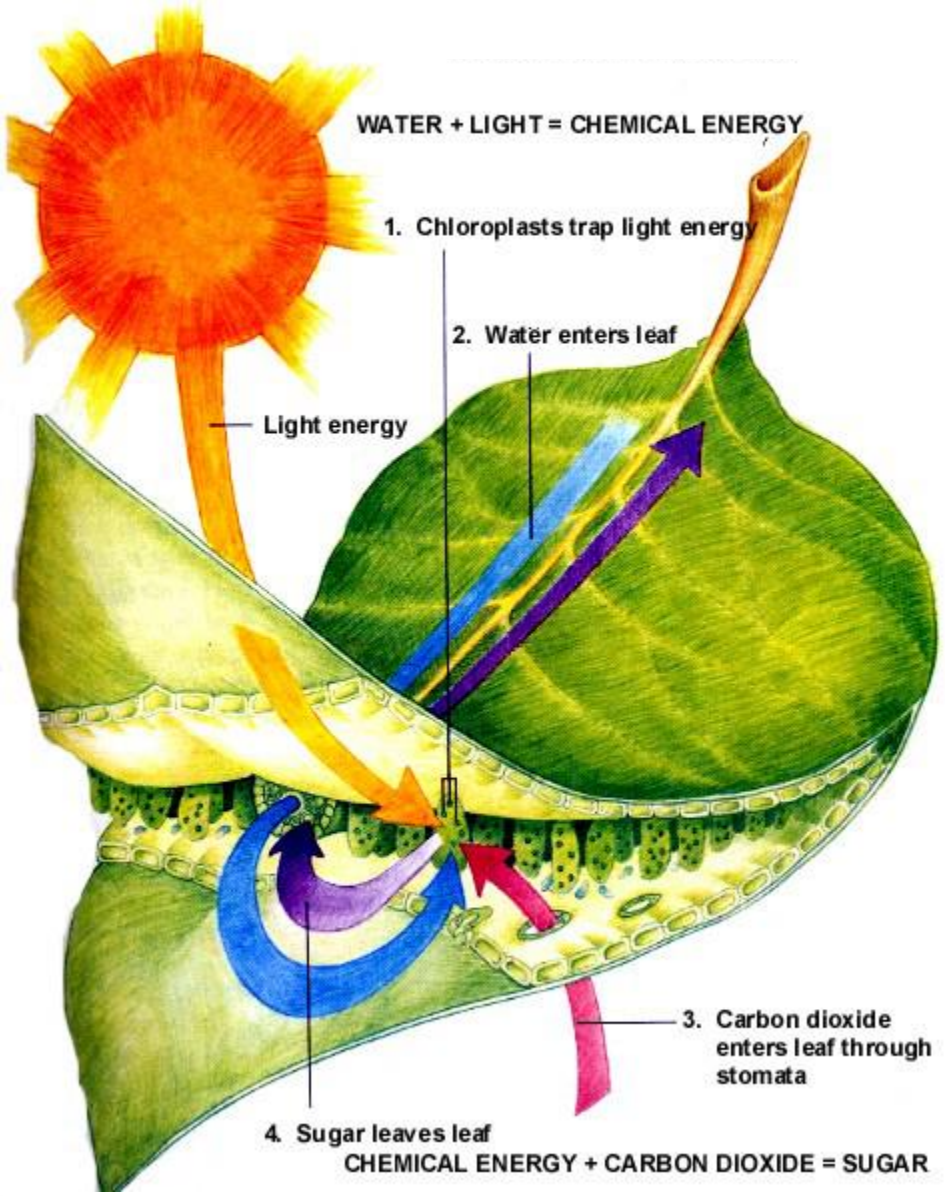


Govert Trouwborst

Met dank aan: Sander Hogewoning & Laurens van Oostrom

Plant Lighting B.V.

Fotosynthese: de basis van gewasgroei!



Primaire bouwstoffen:

- CO_2 & water

Energiebron:

- licht

Fotosynthese:

CO_2 + water $\xrightarrow{\text{lichtenergie}}$ suikers+ zuurstof

Regeling snelheid proces:

- temperatuur

Secundaire bouwstoffen:

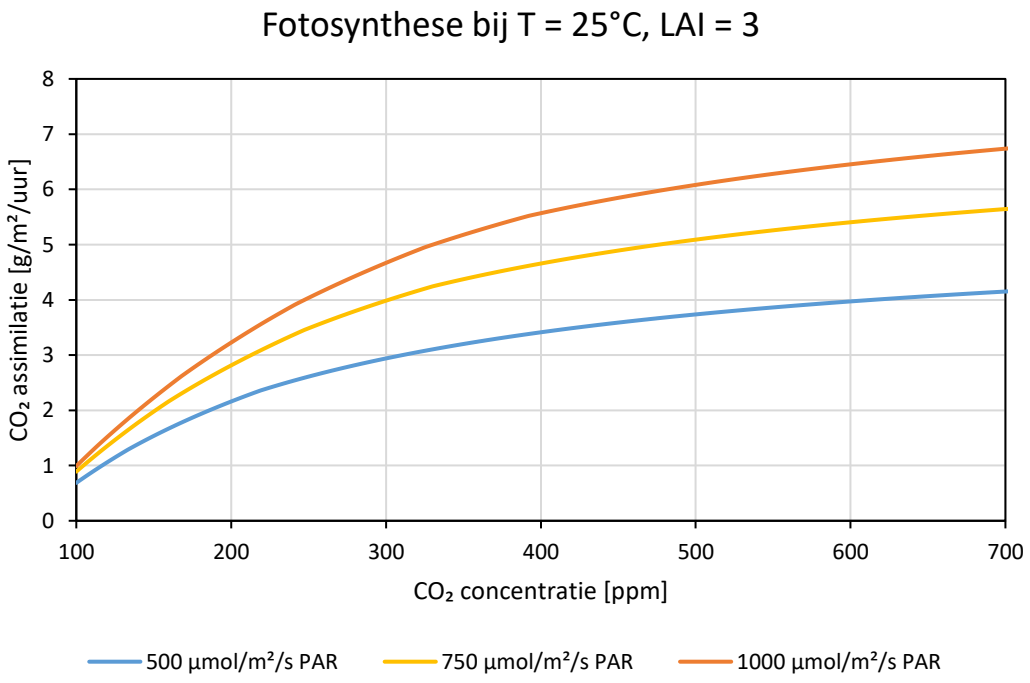
- nutriënten (omzetting suikers in eiwitten etc.)

Huidmondjes fungeren als poortwachter voor CO_2

Effect CO_2 op de gewasfotosynthese

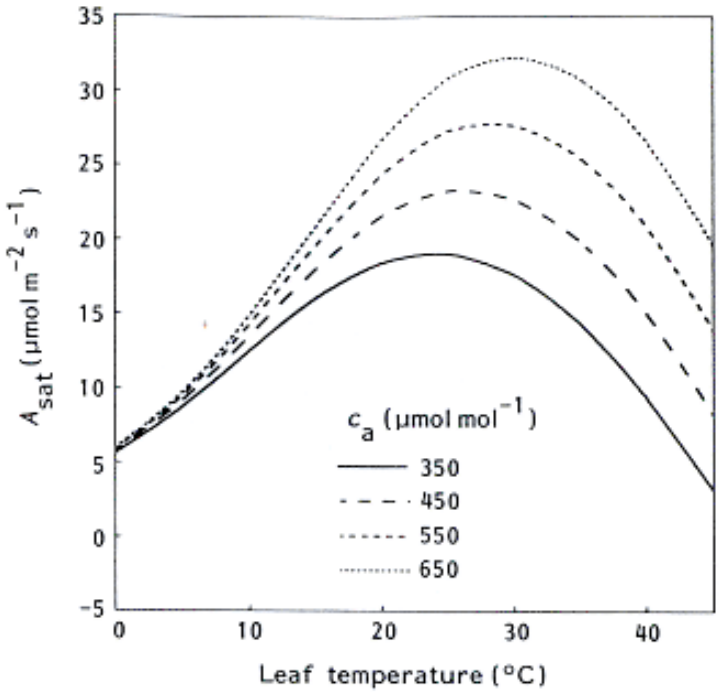
- Licht (PAR) en CO_2 hebben beiden een groot effect op de gewasfotosynthese.
- Buiten inmiddels 419 ppm CO_2 in de lucht.
- Fotosynthese van de meeste gewassen is rond de 700 tot 900 ppm CO_2-verzadigd.
- Voorbeeld komkommer:
  - 700 ppm geeft 21% hogere fotosynthese ten opzichte van 400 ppm
  - 300 ppm geeft 16% verlies ten opzichte van 400 ppm. Niet doseren kan je veel kosten!

PAR = 1000 µmol/m²/s		
CO_2 concentratie (ppm)	CO_2 assimilatie (g/m²/uur)	Verandering t.o.v. 400 ppm (%)
300	4.67	-16.2%
350	5.18	-7.0%
380	5.43	-2.6%
400	5.57	0%
450	5.85	+5.0%
500	6.08	+9.2%
600	6.45	+15.9%
700	6.74	+21.0%



CO_2 heeft groter effect bij hogere temperaturen

- Want:
  - CO_2 lost dan slechter op in water, waardoor CO_2-niveau in blad eerder sub-optimaal is
  - Snellere 'lichtreactie' bij hogere temperaturen→CO_2 in blad gaat in hoger tempo op
- Hoe hoger de bladtemperatuur, hoe belangrijker een hoog CO_2-niveau
- Spagaat zomer: zonnig, warm, maar laag CO_2 in de kas…



Fotosynthese bij lichtverzadiging bij verschillende bladtemperaturen en CO_2-concentraties (Long et al., 1996).

De CO_2 feitenkennis-quiz…

- Reageert gewasfotosynthese op de kg's CO_2 dosering of de ppm-concentratie in de kas?
  - CO_2 concentratie. Wat het raam uitgaat, heeft de plant niets aan.

- Kun je overdag lager gaan in CO_2 dosering als je 's nachts een hoger niveau geeft?
  - Lager CO_2 verlaagt direct de assimilatie. In donker doet CO_2 niets. Dus nee.

- Kun je CO_2 licht-afhankelijk toepassen?
  - CO_2 verhoogt lichtbenutting voor assimilatie bij zowel lage als hoge lichtintensiteiten. Dat CO_2 bij laag licht geen zin zou hebben is kul. Wel is er meer assimilatie bij hoog licht en dus ook meer extra assimilatie door CO_2-dosering.

- Wat kost het aan productie als je twee dagen per week geen CO_2 doseert?
  - Dan heb je 2/7=29% van de tijd een lagere gewasproductiviteit.

- Kun je in de zomer veel lagere waarden CO_2 aanhouden als de luchtramen open staan?
  - Ja dat kan. Maar het kost productie.
  - Vraag is hoeveel CO_2 je erin moet stoppen om de concentratie met x ppm te verhogen, wat dat kost, en wat het aan meerproductie oplevert. Daar kan je aan rekenen!

Plant Lighting

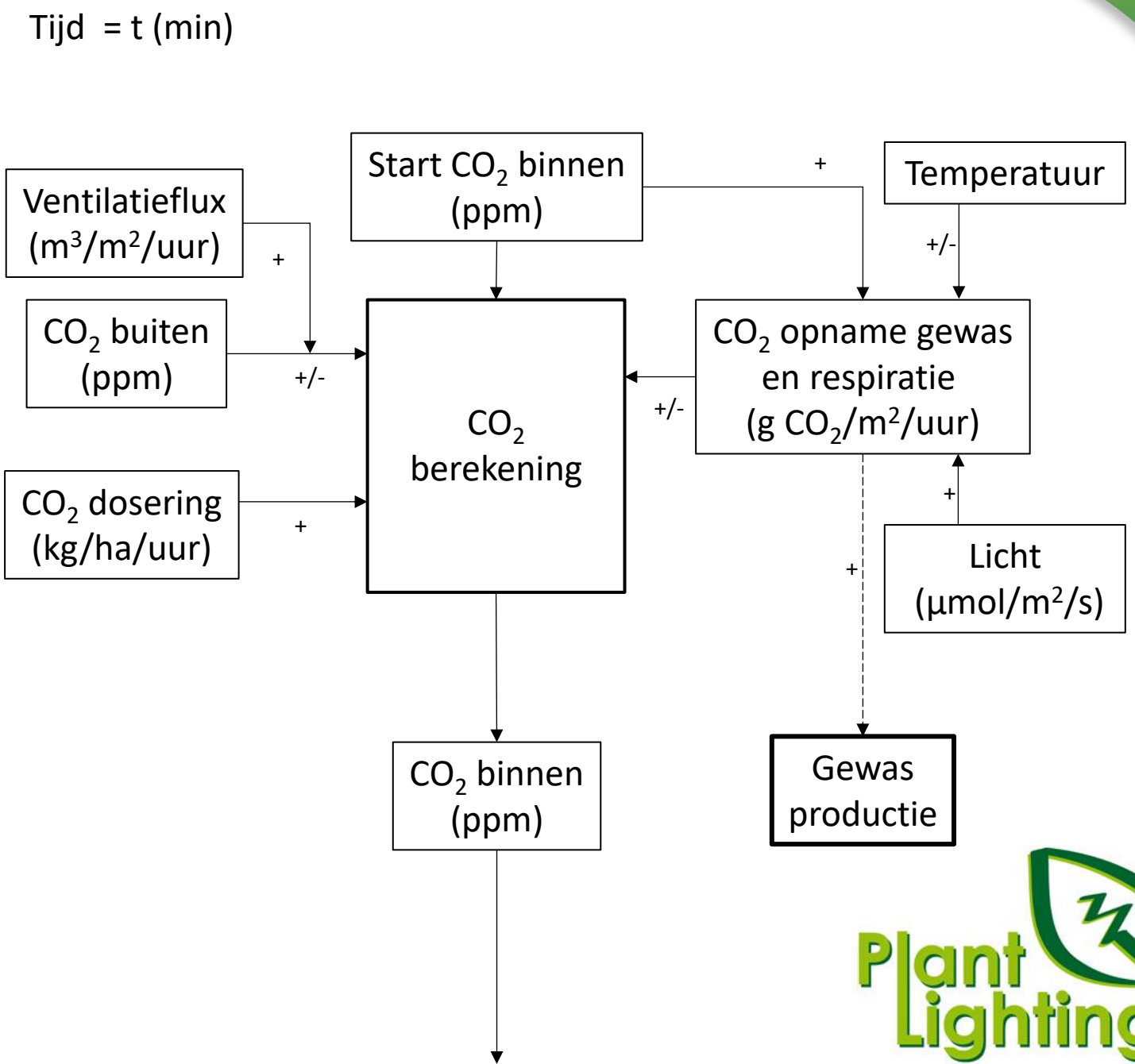
Huidige realiteit

- CO_2 is schaarser en duurder
- Maatschappelijke impact: gas verbranden in zomer voor CO_2 is maatschappelijk ‘not done’
- Kosten/Baten-analyse wenselijk:
  1. Hoeveel meerproductie levert x ppm extra CO_2 in de kas op?
     - Dit kunnen we voor verschillende gewassen berekenen met een assimilatiemodel.
  2. Hoeveel kg CO_2 kost het verhogen van de CO_2-concentratie in de kas met x ppm?
     - Hangt af van opname door gewas en ventilatie. Interactie kunnen we modelmatig berekenen.
  3. Wat zijn de kosten van de extra kg’s CO_2 en wat levert de meer-productie op?
     - Hieruit is het economische omslagpunt voor CO_2-dosering te berekenen.

Uitleg model CO_2

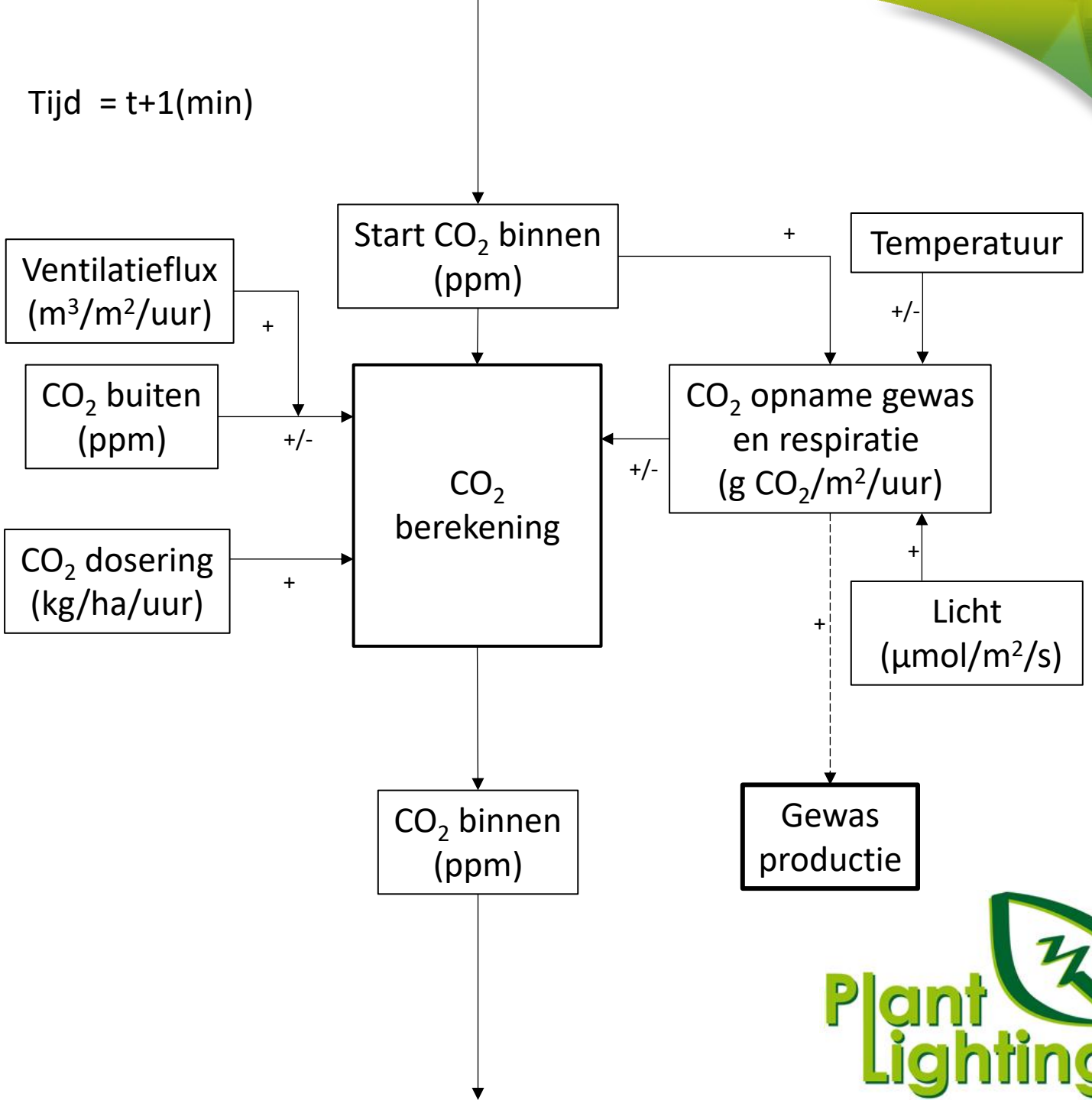
- De CO_2 concentratie in de kas wordt beïnvloed door:
  - ventilatie met de buitenlucht
  - CO_2 dosering
  - opname van CO_2 door het gewas (de assimilatie).

- De assimilatie wordt beïnvloed door:
  - hoeveelheid PAR in de kas
  - concentratie CO_2 in de kas
  - temperatuur

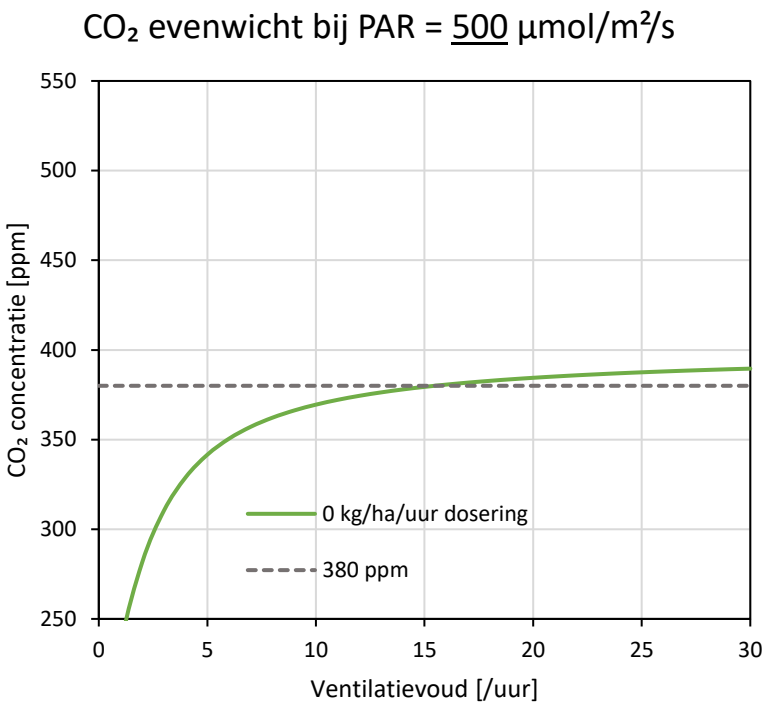


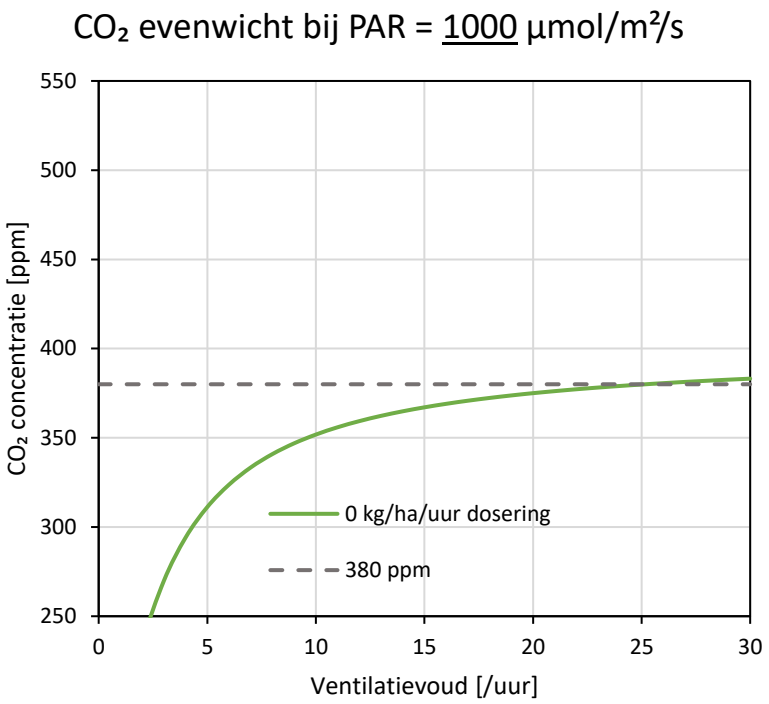
Uitleg model CO_2

- Model rekent per minuut
- CO_2 concentratie eind vorige minuut is startconcentratie van de huidige minuut.



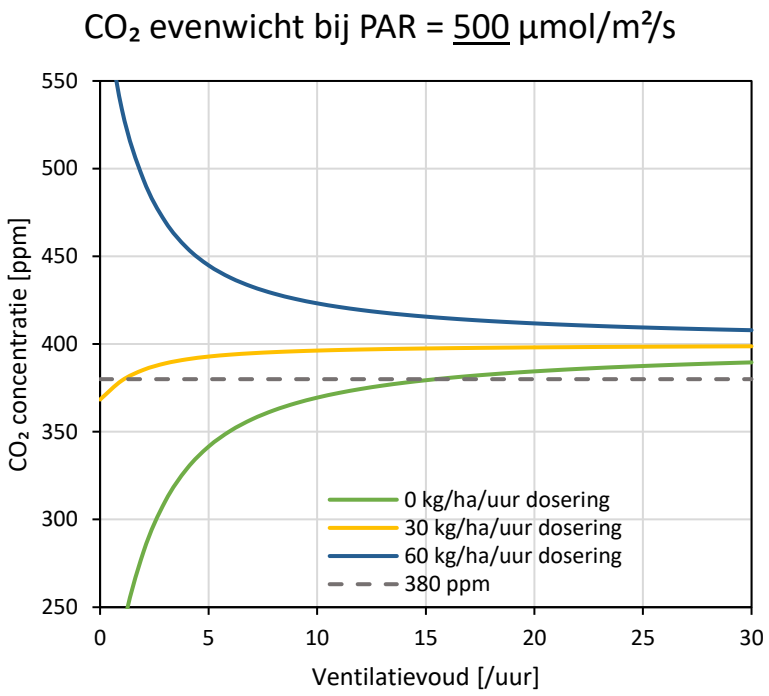
CO_2 evenwichtswaarden bij een variabele ventilatie – niet doseren

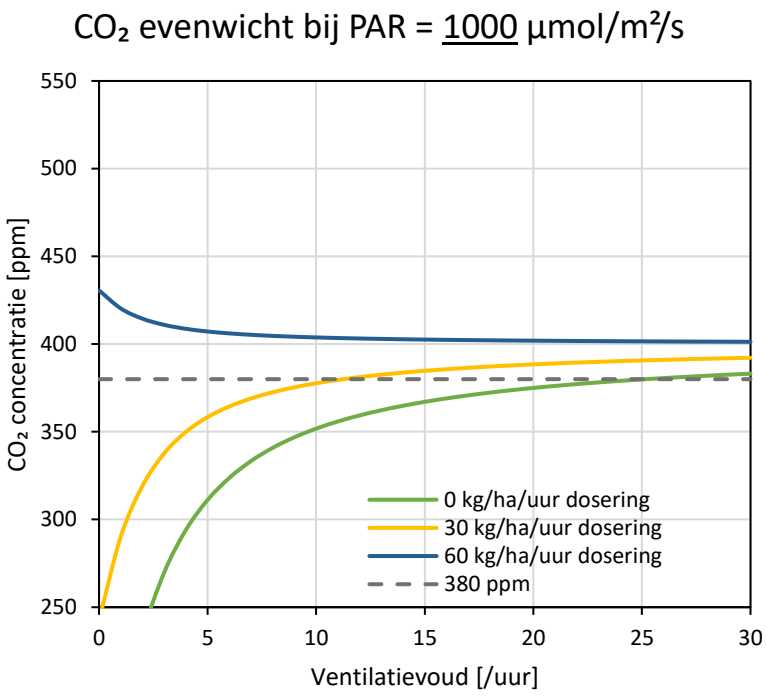




- Ventilatievoud van ~10/uur bij luchtramen helemaal open en ‘gemiddeld weer’. 5/uur komt vaker voor.
- Meer CO_2 van buiten naar binnen als de ventilatie toeneemt,
- Meer licht verhoogt de assimilatie: meer ventilatie nodig!
- 400 ppm wordt niet bereikt vanwege de opname van het gewas. Niet doseren kost dus altijd productie
- Dus genoegen nemen met minder productie zonder CO_2-dosering. Zeg 380 ppm?

CO_2 evenwichtswaarden bij een variabele ventilatie – laag doseren





- Dosering van 30kg/ha/uur komt sneller bij streefwaarde van 380 ppm
- Dosering van 60kg/ha/uur altijd voldoende om boven 400 ppm te blijven
  - Want dit is hoger dan het gewas opneemt bij deze intensiteiten PAR

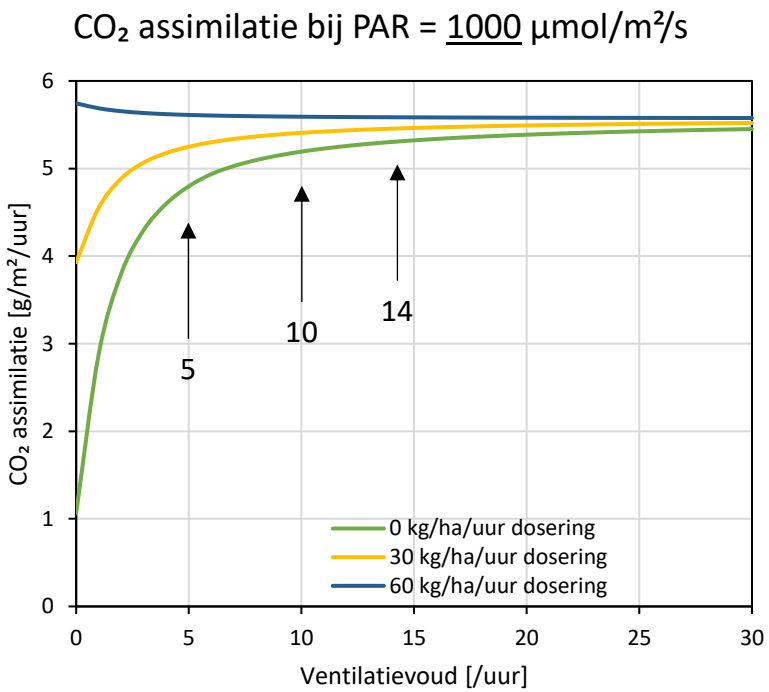
Wat is de relatie CO_2-dosering en gewasfotosynthese?

- Lagere dosering dan de gewasfotosynthese? Dan daalt de CO_2-concentratie in de kas en heb je hoge ventilatie nodig ter compensatie

- Hogere dosering dan de gewasfotosynthese? Dan stijgt de CO_2-concentratie in de kas en verlies je CO_2 bij hoge ventilatie

- Wat doet de gewasfotosynthese bij 0, 30 en 60 kg/ha/uur?

Gewasfotosynthese bij een variabele ventilatie



- Voorbeeld assimilatie bij 1000 µmol/m^2/s van 0 naar 60 kg/ha/uur dosering:
  - Bij ventilatievoud van 5 /uur (= 30 m^3/m^2/uur): verhoging assimilatie van 17%
  - Bij ventilatievoud van 10 /uur (= 60 m^3/m^2/uur): verhoging assimilatie van 7.8%
  - Bij ventilatievoud > 14 /uur (= 84 m^3/m^2/uur): verhoging assimilatie < 5%
- Dus: bij acceptatie 5% verlies bij geen dosering is ventilatievoud van 14 /uur nodig!

Rekenvoorbeeld CO_2 rendement

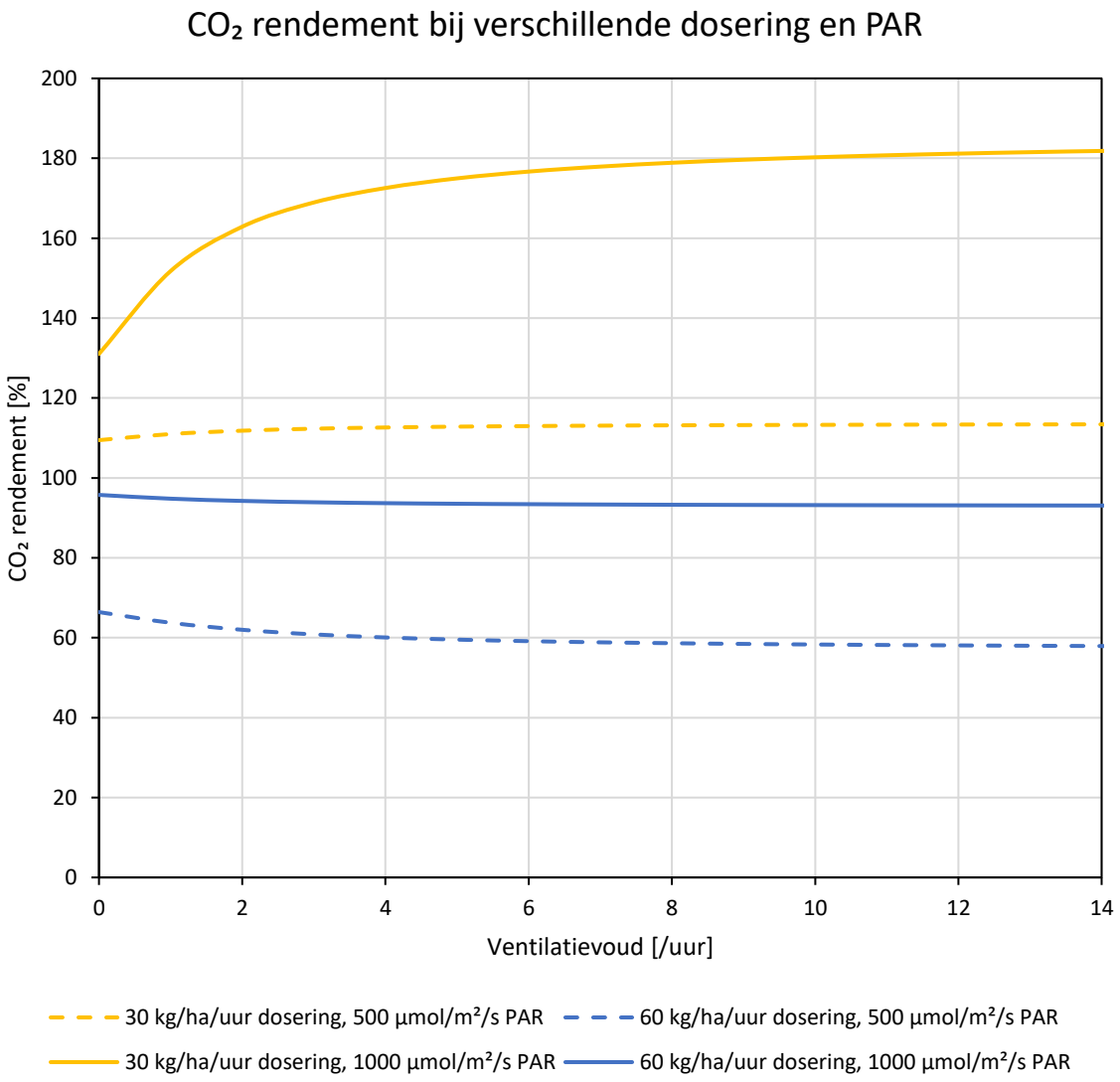
- Rendement = CO_2 opname / CO_2 dosering

- Rendement van ~100%:
  - Dezelfde hoeveelheid dat er wordt gedoseerd wordt ook opgenomen.
  - Ventilatie maakt dan niet meer uit.

- Bij dosering 30 kg/ha/uur: Rendement > 100 %
  - Er wordt CO_2 uit de buitenlucht gehaald.
  - Bij lage ventilatie: Assimilatie wordt dan gelimiteerd door te weinig beschikbare CO_2.

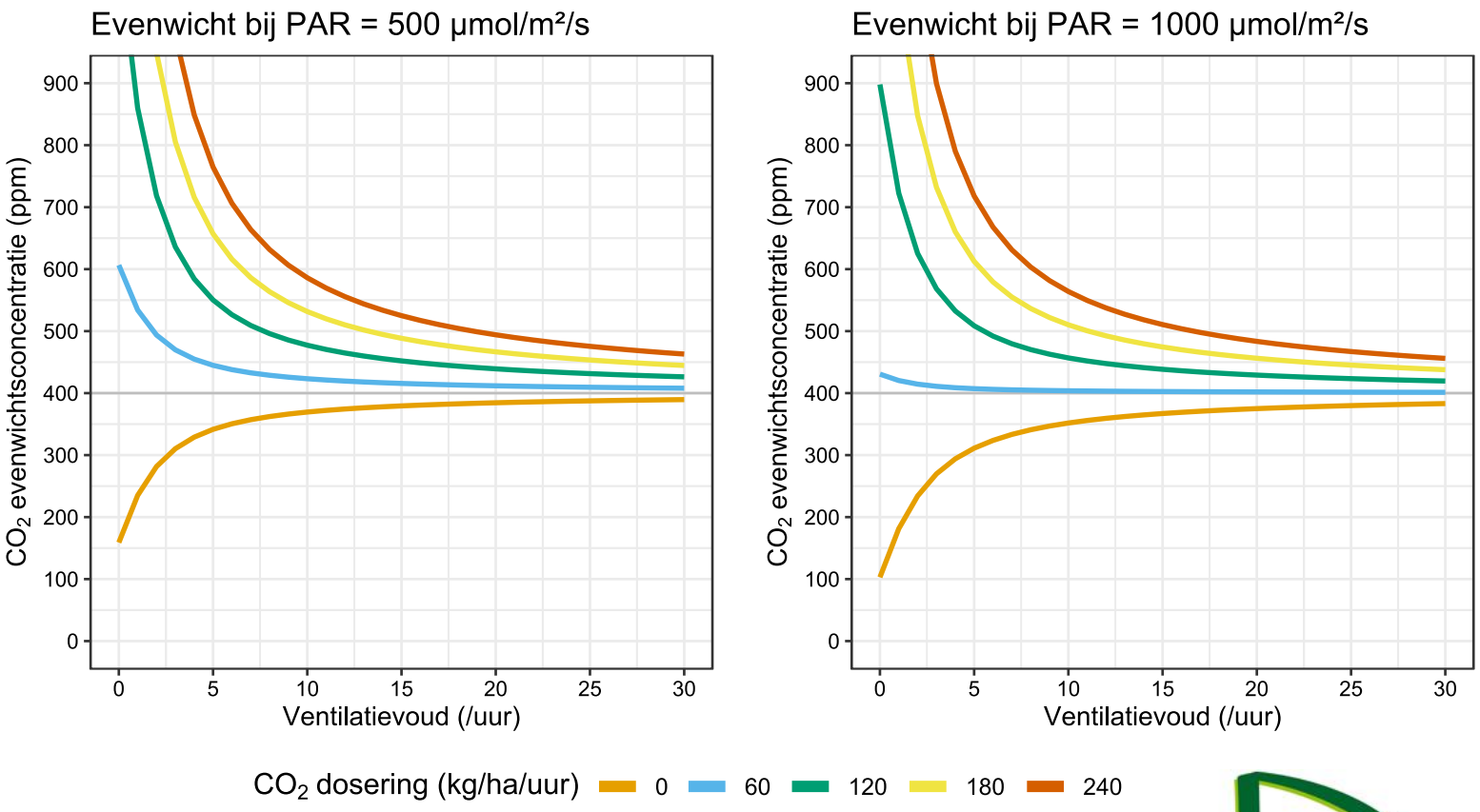
- Bij dosering 60kg/ha/uur: Rendement < 100 %
  - Er gaat gedoseerde CO_2 verloren aan de buitenlucht.

- NB rendement 60% is zeker niet slecht. En 60 kg/ha/uur is ook niet enorm veel.
  - Wat als we meer doseren?



CO_2 evenwichtswaarden bij een variabele ventilatie en hogere dosering

- Als ventilatie van 5 naar 10 /uur bij 1000 µmol/m²/s PAR:
  - Bij 240 kg/ha/uur dosering:
    - CO_2 concentratie van 720 naar 560 ppm
  - Bij 120 kg/ha/uur dosering:
    - CO_2 concentratie van 508 naar 457 ppm
- PAR heeft ook effect
  - Meer fotosynthese → meer opname door de plant → lagere CO_2-concentratie



Kosten CO_2 en opbrengst komkommer

- Voorbeeld verlies aan productie en lagere kosten van CO_2 inkoop?
  - Situatie met ventilatie van 10 /uur (= 60 m^3/uur/m^2) en 1000 µmol/ m^2 /s PAR:
  - Van 240 naar 180 kg/ha/uur dosering (-60 kg): Assimilatie & productie 3.3% lager
- Productie 3 kg/m^2/week. 3.3% lager: 2.9 kg/m^2/week (-0.1 kg)
  - Opbrengst 75 cent per 1 kg komkommer (28 cent per komkommer)
  - Vermindering opbrengst: 0.1 * 0.75 = -0.075 €/m^2/week = **-750 €/ha/week**
- CO_2 12 uur per dag 60 kg minder per ha uur
  - 60kg * 12h * 7d / 10.000 = 0.5 kg/m^2/week besparing
  - 13+3 = 16 cent voor 1 kg vloeibaar CO_2
  - Vermindering kosten: 0.5kg* €0.16*10.000 = **806 €/ha/week** (exclusief plukkosten)
- Vermindering CO_2-kosten is in dit voorbeeld net iets meer dan de opbrengstderving.

Welke kant gaat de balans meer/minder CO_2 doseren uit bij….?

- Lagere ventilatievoud?
  - Meer doseren
- Minder licht?
  - Minder doseren
- Hogere CO_2-prijs?
  - Minder doseren
- Lagere komkommerprijs?
  - Minder doseren

Botany GROUP

Technische oplossingen in een wereld met duur CO_2

Botany INDOOR AGRO R&D · Exploras OUTDOOR AGRO R&D · BRIGHTBOX VERTICAL FARMING R&D · PHENOVERIUS · asperico FRUIT R&D · INNOVEINS SEED SOLUTIONS · INNEXO ADVANCING MOLECULAR FARMING

Aanleiding om na te denken over alternatieve CO2 oplossingen

1. Kosten vloeibare CO2
   - Yara elektrificatie
   - Shell CO2 opslag Noordzee
2. Geen vloeibare aansluiting meer krijgen
3. Kosten OCAP
4. Minder draaiuren WKK (interessant 17-21 en 5-9 uur)
5. Wegvallen keteluren

Welke alternatieven kennen we?

1. Opslag CO2 op dit moment nog lastig, onderzoek gaande naar zowel chemische als fysische opslag
2. CO2 uit afvalverbranding niet altijd oplossing
3. CO2 alternatieven als Skytree etc prijzig
4. Oplossingen gebiedsgebonden
5. Aternatieven in de vorm van maatwerk
6. Combinatie met andere innovatieve technieken zoals ontvochtigen etc

Zoektocht

Doelstelling: zoektocht naar duurzame betaalbare CO2 oplossing voor de toekomst

Vraagstellingen:

- Welke ventilatie hoeveelheden zijn technisch realistisch voor compensatie CO2 verbruik?
- Wat zijn de technische mogelijkheden?
- Hoe zijn deze inpasbaar in huidige plantkundige en bedrijfskundig model?
- Hoeveel CO2 kunnen we besparen in een komkommergewas

CO2 besparen in komkommer

In opdracht van Kas als energiebron

Onderzoek: voorjaar-zomer 2023

Samenwerking:

Botany & Plant lighting

CO2 besparen in komkommer

Opdeling onderzoek:

Test 1: stoppen met CO2 dosering

Test 2: inzet van RTA koers

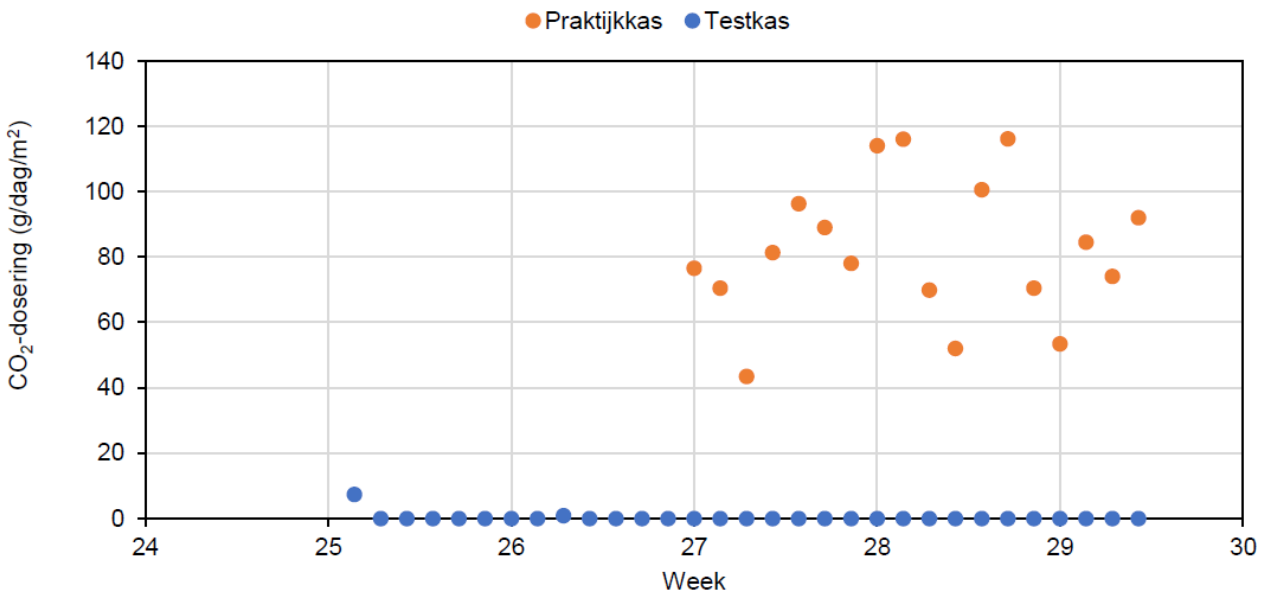
CO2 besparen in komkommer

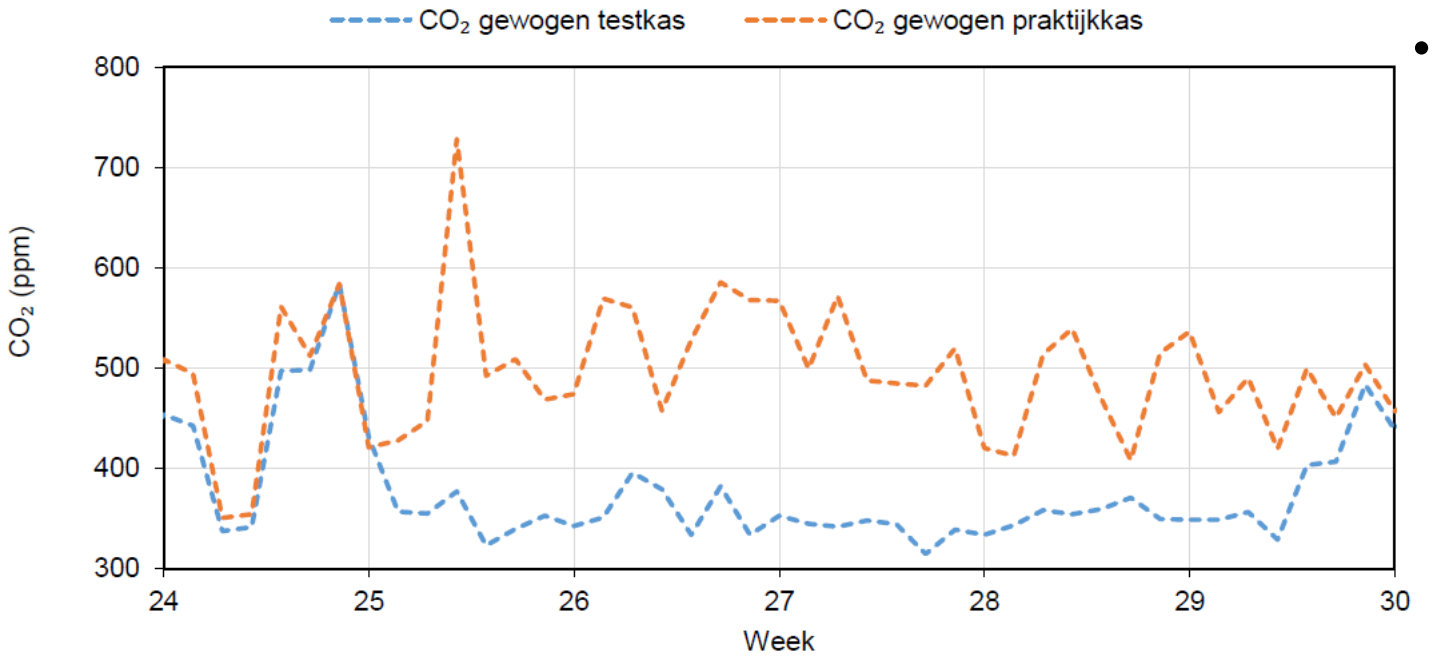
Wanneer: week 25-29

Plantdichtheid: 2,6 pl/m2

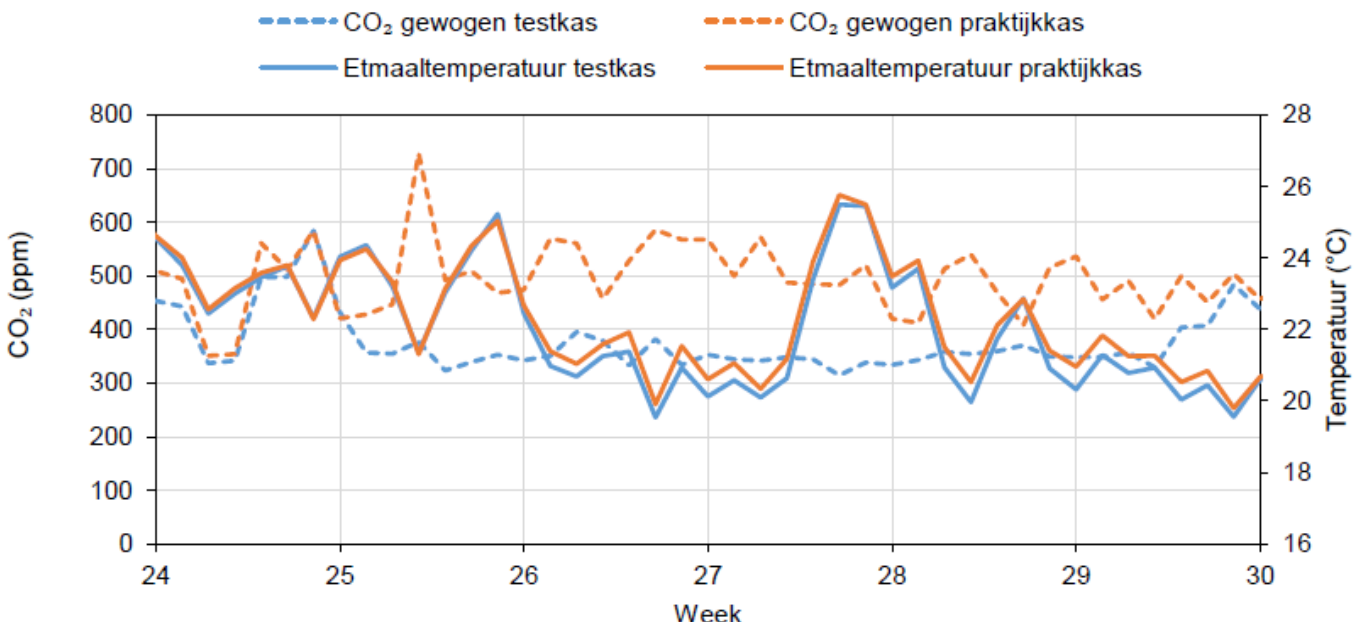
Ras: Dee Viate

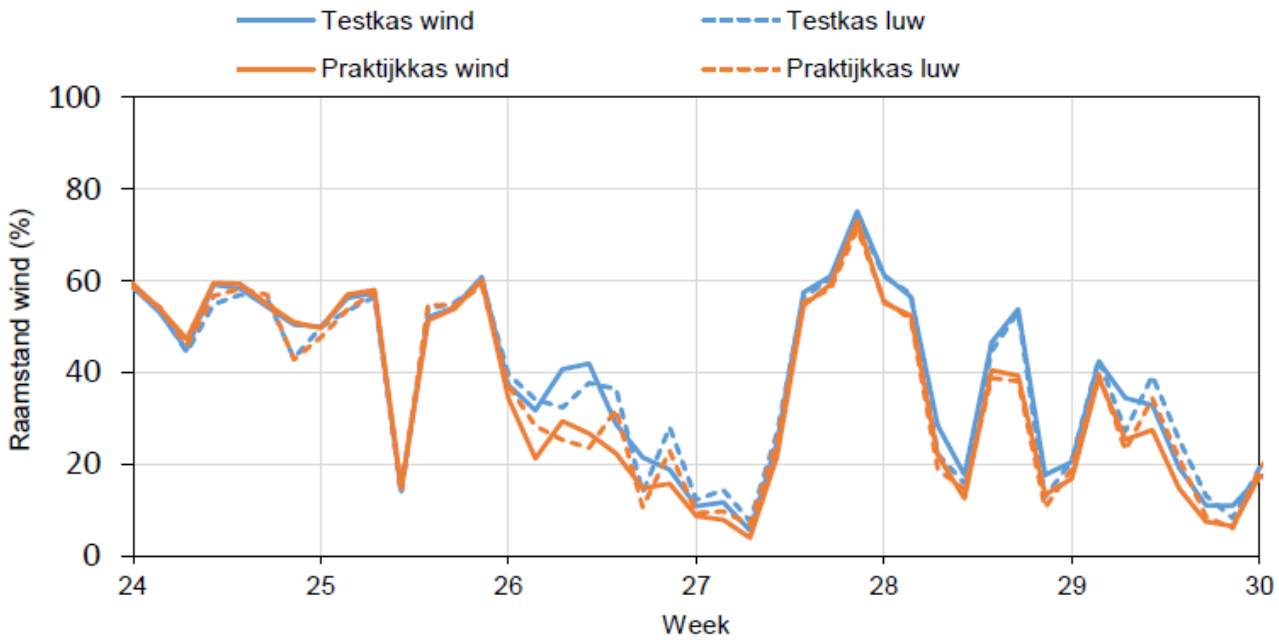
Onderzoeksvragen stonden:
- Hoever zakt de CO2-concentratie in de kas?
- Hoeveel productie kost dat?



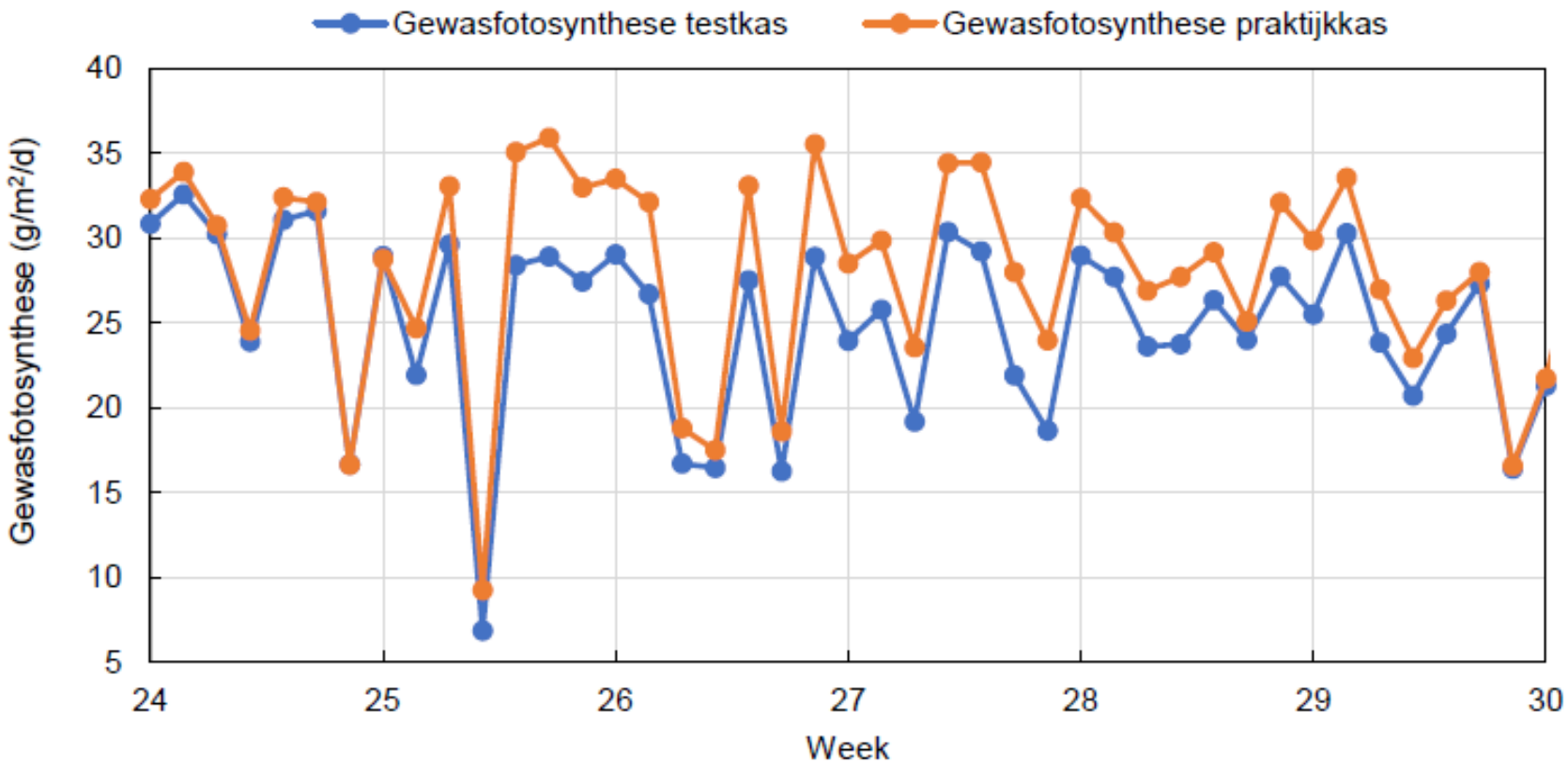


- Het etmaalgemiddelde: 503 versus 350 ppm.
- In week 25-27 zijn de verschillen het grootst
- In week 28-29 zijn de verschillen in CO2-concentratie een stuk kleiner





- Buitenlucht 410 ppm CO2 komt testkas in
- Meer moeten luchten



- Gewasfotosynthese 14% lager in de testkas vergeleken met de praktijkkas
- Productie 15% lager tussen afdelingen

Samengevat

- De gewogen CO2-concentratie zakte tot gemiddeld 350 ppm.
- Het niet doseren van CO2 heeft een direct effect op de gewasfotosynthese en dus ook productie. De omvang van het effect is afhankelijk van de referentie, Hoe meer CO2 hoe meer productie
- Met extra luchten kan meer CO2 van buiten worden gebruikt door meer te ventileren.
- Afhankelijk van beschikbaarheid van CO2 en kostprijs afweging voor strategie

Kortom

- Meer lucht van buiten naar binnen halen!!!

Hoe:
- Meer ventileren
- Mechanisch inbrengen

Wat zijn de technische mogelijkheden

- Inblaas met 40-60m³/m² technisch haalbaar, zonder ‘wapperende’ bladeren
- Op smaak brengen van ingeblazen lucht (bevochtigen), zoekende naar oplossing, op dit moment geen passende betaalbare techniek
- Combinatie met ontvochtiging (10-20m3/m2)

Kosten

- Op dit moment kosten ontvochtiging ~30-40 euro/m2
- Extra kosten hogere capaciteit beluchting ~10-12 euro/m2
- Energieverbruik optimaliseren door optimaal bereik ventilatoren
- In zomer stroomprijzen (relatief) laag

Vraagstelling

- Tot welke luchtbeweging kun je gaan zonder dat het groei en productie oplevert?
- Uitgangspunt, beperking van houtvorming in gewas
- Ingeblazen lucht op ‘smaak’ maken, beperken van inblaas ‘schrale lucht’ in zomermaanden

Take Home

- CO_2 vraagstuk serieus nemen voor de toekomst
- Diverse oplossingen, sommige dichterbij dan andere
- Balans altijd tussen opbrengst en kosten

CO_2 was altijd een gegeven maar verdiend meer aandacht komende tijd wat betreft teelt, opleiding als in het onderzoek

keep knowledge growing

Dank voor jullie aandacht!

Vragen??

www.plantlighting.nl

Govert Trouwborst
govert@plantlighting.nl
+31 (0)6 10990094

www.botanygroup.nl

Maarten Vliex
Maarten.vliex@botany.nl
+31 (0)6 12685927