

Nieuwe simulatietool voor optimaal CO₂-dosereren **Gebruik elke kilogram alsof het de laatste is!**

Op lichtrijke dagen moet in de kas zoveel mogelijk van het fotosynthesepotentieel geprofiteerd worden. De CO₂-dosering is daarbij een belangrijke factor die strategisch ingezet moet worden. Wageningen UR Glastuinbouw heeft in opdracht van de gewascommissie Paprika een simulatietool voor het toedienen van CO₂ gemaakt: de “CO₂-viewer”. Met dit programma kan de ondernemer zien wat de effecten zijn van de doseerstrategie. Zo kan men beoordelen of het op een bepaalde dag gunstiger is om de CO₂ rond de middag in te zetten, of dat het juist beter 's ochtends gegeven kan worden.

>> [Download hier de simulatietool “CO₂-viewer”](#)

Strategisch inzetten van CO₂

Door schone brandstof (aardgas) en goede apparatuur kunnen tuinbouwbedrijven met rookgassen uit ketels en WK-installaties de CO₂-concentratie van de kaslucht verhogen. Gemiddeld genomen ligt de maximale doseercapaciteit rond de 200 kg per ha per uur, maar omdat de bij deze doseercapaciteit vrijkomende warmte niet allemaal in de buffer kan worden opgeslagen, wordt de dosering vaak geknepen. De bufferruimte bepaalt daarmee de maximale hoeveelheid die per dag gegeven kan worden.

Deze begrenzing maakt dat de CO₂-dosering met rookgassen niet simpelweg 's ochtends aangezet en 's avonds uitgezet wordt. Als 's ochtends de maximum dosering ingezet zou worden, is het CO₂ -budget voor een dag al rond de middag opgesoupeerd. Dit kan natuurlijk niet de bedoeling zijn. Daarom moet de schaarse beschikbare CO₂ strategisch ingezet worden. De meest gangbare instrumenten hiervoor zijn de buffervulcurve en het uitstellen van de start van de doseerperiode. Met de simulatietool “CO₂-viewer” kan de ondernemer bekijken wat de effecten zijn van de doseerstrategie op de dagelijkse fotosynthese. Zo kan men beoordelen of het op een bepaalde dag gunstiger is om de CO₂ vooral rond de middag in te zetten, of dat het juist beter 's ochtends, bij kleine ventilatiedebieten, gegeven kan worden. Verschuiven van CO₂ -dosering van de ochtend naar de middag is zinvol als de winst van zo'n 'verschoven kilo' in de middag groter is dan het verlies in de ochtend.

Elke laatste kilo evenveel effect

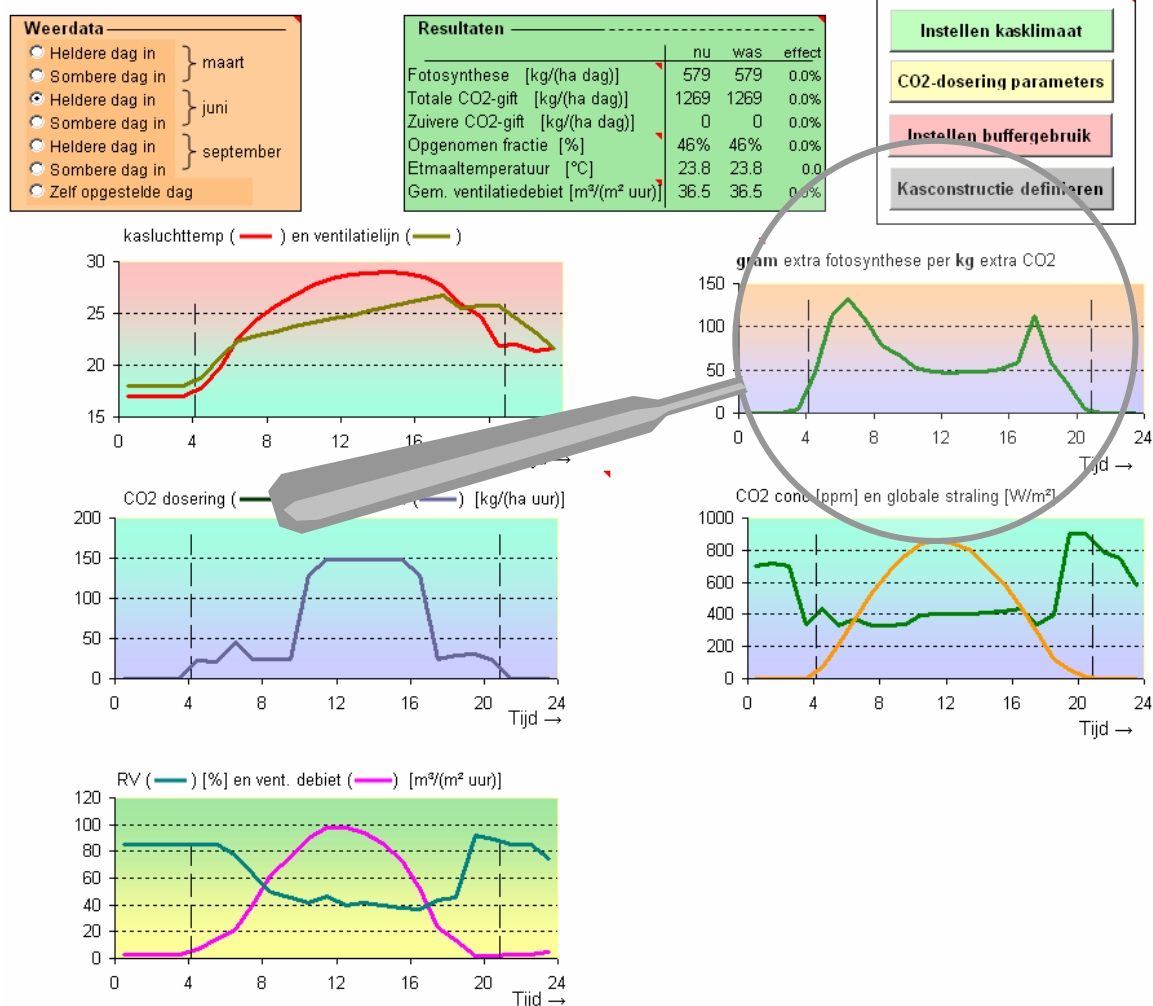
's Ochtends is het nog koel in de kas en staan de ramen vaak maar met een klein kiertje open. Er is dan niet zoveel CO₂ nodig om de concentratie flink te verhogen. Midden op de dag in de zomer is dat heel anders. Zelfs bij een dosering van 200 kg CO₂ per ha per uur komt de concentratie niet veel hoger dan zo'n 450 tot 500 ppm. Toch is het niet onverstandig om midden op de dag (veel) CO₂ te geven, want door het hoge lichtaanbod heeft het gewas er zeker profijt van, ondanks het relatief kleine effect op de CO₂-concentratie.

Om de CO₂ goed over de dag te verdelen zou je voor elk moment van de dag moeten weten hoe groot het effect van de CO₂ -dosering op de fotosynthese is. Dit effect wordt bepaald door de combinatie van CO₂ -concentratie, kasluchttemperatuur en lichtaanbod en is niet eenvoudig te berekenen. Met het nieuwe simulatiemodel kan voor ieder uur van de dag het effect van elke laatste kg CO₂ berekend worden, rekening houdend met de buitenomstandigheden, de stook- en ventilatietemperatuur en de doseerstrategie.

Als volgens de berekening van het simulatiemodel het effect van de laatste kg op een bepaald tijdstip erg groot is en op een ander moment veel kleiner, dan is het verstandig te kijken of de dosering in de richting van de waardevolle momenten kan worden verschoven. Zo'n verschuiving kan door het verleggen van de buffer-vulcurve. Het simulatiemodel laat vervolgens zien hoeveel de fotosynthese hierdoor toeneemt en hoe groot na zo'n verschuiving de waarde van elke laatste kg CO₂ is geworden.

De beschikbare CO₂ is optimaal ingezet als overal op de dag de waarde van de laatste kg CO₂ ongeveer even groot is. Daarom is die grafiek het belangrijkste plaatje van het overzichtsscherm. Onderstaand is een screendump van de simulatietool afgebeeld.

Hoofdscherm van de CO₂-dosering viewer

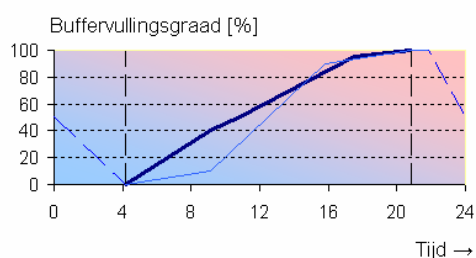


In de getoonde situatie wordt de CO₂ vooral tussen 12:00 en 16:00 uur gegeven. Door de hoge gift in die periode is het effect van elke laatste kg CO₂ in die periode slechts laag (50 gram extra fotosynthese per kg gedoseerde CO₂). En dat terwijl rond 7 uur 's ochtends een extra kilo CO₂ ruim de dubbele hoeveelheid extra fotosynthese levert.

Als in het scherm "Instellen buffergebruik" de buffervulcurve wordt verlegd, zodat de buffervulling in de ochtend sneller mag oplopen (waardoor de dosering midden op de dag vanzelf wat getemperd wordt), dan blijkt dat de fotosynthese met 2,5% toeneemt.

In het grafiekje hiernaast is de verlegging van de vulcurve te zien. Het dunne lijntje is de vorige situatie en de dikke lijn is de nieuwe situatie. Zo begint de doseerperiode op het moment van zonsopkomst.

Instellingen buffervulcurve			
Maximale vulling na	30 % van de CO ₂ -periode:	40 %	
Maximale vulling na	40 % van de CO ₂ -periode:	50 %	
Maximale vulling na	80 % van de CO ₂ -periode:	95 %	



In het hoofdscherm is in het centrale tabelletje te zien dat de totale CO₂ -gift ook nog wat toeneemt (namelijk van 1269 kg/(ha dag) naar 1312 kg/(ha dag)). Dit betekent dat de beschikbare buffercapaciteit (100 m³/ha in dit voorbeeld) ook nog wat efficiënter wordt benut.

Hoofdscherm van de CO₂-dosering viewer

Weerdata

- Heldere dag in } maart
- Sombere dag in }
- Heldere dag in } juni
- Sombere dag in }
- Heldere dag in } september
- Sombere dag in }
- Zelf opgestelde dag

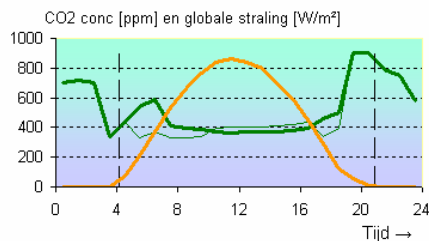
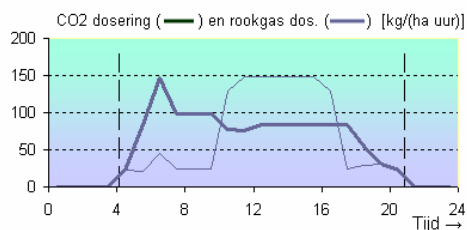
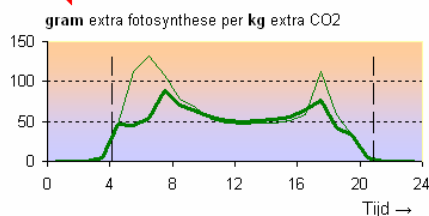
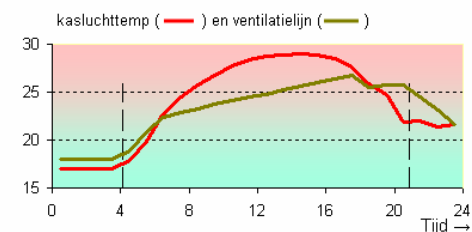
Resultaten			
	nu	was	effect
Fotosynthese [kg/(ha dag)]	593	579	2.5%
Totale CO ₂ -gift [kg/(ha dag)]	1312	1269	3.4%
Zuivere CO ₂ -gift [kg/(ha dag)]	0	0	0.0%
Opgenomen fractie [%]	45%	46%	-0.9%
Etmaaltemperatuur [°C]	23.8	23.8	0.0
Gem. ventilatiedebiet [m ³ /(m ² uur)]	36.5	36.5	0.0%

Instellen kasklimaat

CO₂-dosering parameters

Instellen buffergebruik

Kasconstructie definiëren

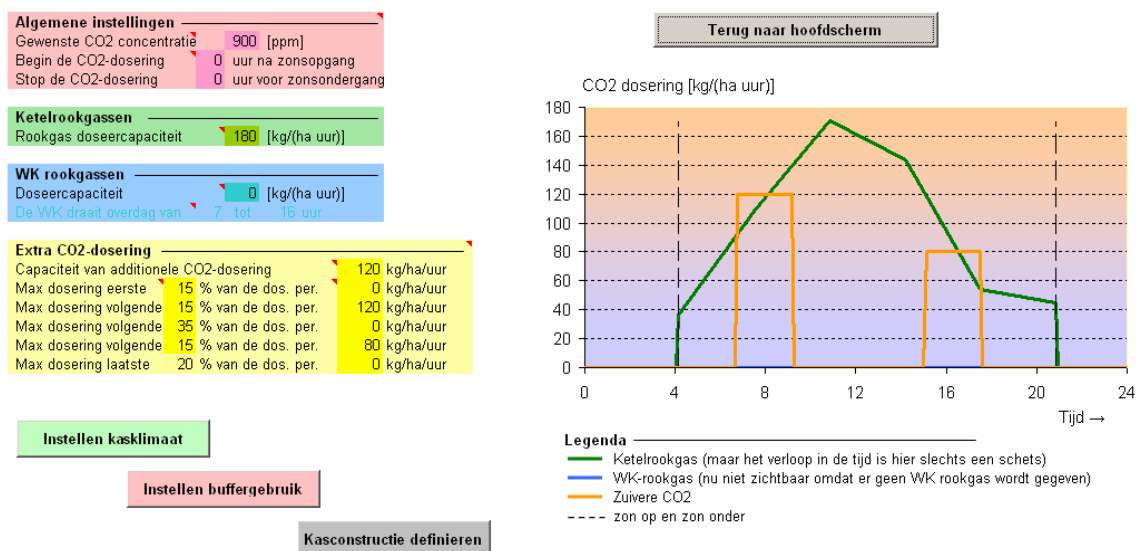


Dat de nieuwe bufferstrategie beter is blijkt uit de hogere fotosynthese, maar ook uit de dikke lijn in de grafiek die het effect van de laatste kg CO₂ weergeeft; die is veel vlakker geworden in vergelijking met de vorige situatie (de dunne lijn). Zo is ook duidelijk te zien dat er op die dag nauwelijks verdere verbetering mogelijk is (het afvlakken van de piekjes rond 8:00 en 18:00 uur leveren haast niets meer op).

Blijkbaar is op deze dag een vrijwel vlak doseerprofiel van ongeveer 90 kg/(ha uur) de verstandigste wijze van CO₂-dosereren (zie grafiek links onder). De licht- en buitentemperatuur-gegevens die bij deze dag horen kunnen bekeken worden door bij het kadertje “weerdeata” (links boven in de hoek) de betreffende dag te dubbelklikken. In dit kadertje kan men ook een andere dag kiezen en zelfs een dag helemaal zelf opstellen (bijvoorbeeld met het weer dat voor morgen wordt verwacht)

Zuivere CO₂-dosering

Nadat de gratis rookgas-CO₂ optimaal verdeeld is, kan er nog overwogen worden extra CO₂ te geven. Dit kan vastgelegd worden via de knop “CO₂-dosering parameters”. In de vorige grafiek m.b.t. het effect van de laatste kg CO₂ waren er nog waardepieken rond 8:00 en 16:00 uur. Dit zijn de eerst aangewezen perioden waar additionele CO₂ gegeven zou kunnen worden. Onderstaande afbeelding geeft weer hoe dit in het veld “Extra CO₂-dosering” is toegepast.

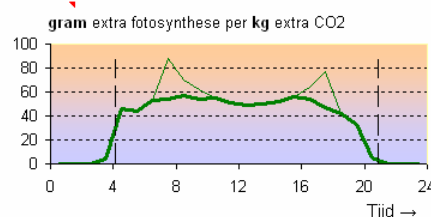
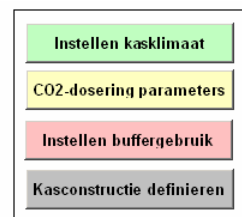


Als na parameterisatie van de zuivere CO₂-dosering terug wordt gegaan naar het hoofdscherm, blijkt dat deze additionele CO₂ het meest optimaal is ingezet omdat de grafiek waarin het effect van de laatste kg CO₂ nu (bijna) helemaal vlak loopt.

In de Resultaten-tabel kan worden afgelezen dat de 520 kg zuivere CO₂ die additioneel is gegeven de productie met 83 kg per ha per dag laat toenemen (dat is 5.2%).

Zoals altijd leidt een hogere CO₂-concentratie tot een groter verlies, dus de opgenomen fractie van de CO₂ is met de inzet van de additionele CO₂ fors gedaald (van 45% naar 34%).

Resultaten	effect			
	nu	was	versch	relatief
Productie [kg/(ha dag)]	1657	1574	83	5.2%
Totale CO ₂ -gift [kg/(ha dag)]	1832	1312	520	39.6%
Zuivere CO ₂ -gift [kg/(ha dag)]	520	0	520	-
Opgenomen fractie [%]	34%	45%	-11	-24.6%
Etrmaaltemperatuur [°C]	23.8	23.8	0.0	0.0%
Gem. ventilatie-debiet [m ³ /(m ² uur)]	36.5	36.5	0.0	0.0%



Of de zuivere CO₂ zijn geld heeft opgebracht hangt af van de waarde van die deze 83 kg extra productie opbrengt. Omdat de uitgroeisnelheid van vruchten het grootst is als vruchten ongeveer op de helft van hun totale uitgroeiduur zijn, komen de assimilaten die vandaag worden voortgebracht vooral in de vruchten die over ongeveer 5 weken verkocht worden. De 83 kg extra versproductie van vandaag moet dus worden vermenigvuldigd met de waarde die over 5 weken verwacht wordt. Wanneer de verwachte waarde bijvoorbeeld € 0.80 per kg bedraagt en de zuivere CO₂ € 0.10 per kg kost dan is de hier getoonde inzet van zuiver CO₂ rendabel. Immers de meerkosten van de zuiver CO₂-dosering bedragen € 52 en de meeropbrengsten bedragen € 66.

Andere invloedsfactoren

In bovenstaande beschrijving zijn slechts twee aspecten van de CO₂-dosering besproken. Met de simulatietool kunnen echter nog veel meer zaken bekeken worden. Zo kan de rol van CO₂ uit WKK worden meegenomen, het gebruik van schaduwsschermen, de verlegging van de ventilatielijnen en de inzet van fogging kunnen worden bestudeerd.

Bij al deze berekeningen werkt het programma steeds op dezelfde manier, dat wil zeggen dat er na wijziging van één of meer parameters in het hoofdscherm getoond wordt wat het effect van die wijziging ten opzichte van de vorige situatie is.

In samenwerking met Hortimax werkt Wageningen UR Glastuinbouw aan de automatisering van de beschreven werkwijze in de kasklimaatcomputer. Dit programma (de CO₂-optimizer) zorgt dan automatisch voor het vlaktrekken van het effect van de laatste kg extra CO₂ en berekent tevens of de toevoeging van zuivere CO₂ z'n geld opbrengt.