

## Fotosynthese Avalanche



Metingen 14 mei 2008  
Verslag 28 mei 2008

Dr ir A.H.C.M. Schapendonk

[www.plant-dynamics.nl](http://www.plant-dynamics.nl)  
Englaan 8  
6703EW Wageningen  
06-21983129

Opdrachtgever: Productschap Tuinbouw

Locatie onderzoek:  
Zuideindseweg 25b  
2645 BD Delfgauw

Productschap  Tuinbouw

# Inhoudsopgave

	pagina
1 OPZET EN RESULTATEN FOTOSYNTHESE METINGEN AVALANCHE	3
1.1 Doelstelling	3
1.2 Materiaal en Methoden	3
1.2.1 Fotosynthese en huidmondjes metingen	3
1.2.2 Temperatuurmetingen	4
1.2.3 Kasklimaat	4
1.3 Experimentele resultaten	5
1.3.1 Fotosynthese en huidmondjes	5
1.3.2 Verloop van de huidmondjes geleidbaarheid over de dag	5
1.3.3 Fotosynthese capaciteit	6
1.3.4 Fotosynthese licht response	7
1.3.5 Fotosynthesemetingen: invloed CO <sub>2</sub>	9
1.3.6 Bladtemperatuur	9
2 CONCLUSIES	11
BIJLAGE 1. LUCHTVOCHTIGHEID	12
2.1.1 Absolute luchtvochtigheid	12
2.1.2 Relatieve luchtvochtigheid (RV)	12
2.1.3 Dampdruk (VP) en dampdruk deficit (VPD)	12
BIJLAGE 2. LICHT	13

## Disclaimer.

Dit verslag is alleen bedoeld voor persoonlijk gebruik door de opdrachtgever. Plant Dynamics BV is niet verantwoordelijk voor eventuele schade, die voortkomt uit het gebruik van de vindingen en proefresultaten die in dit verslag beschreven zijn.

# 1 Opzet en resultaten fotosynthese metingen Avalanche

## 1.1 Doelstelling

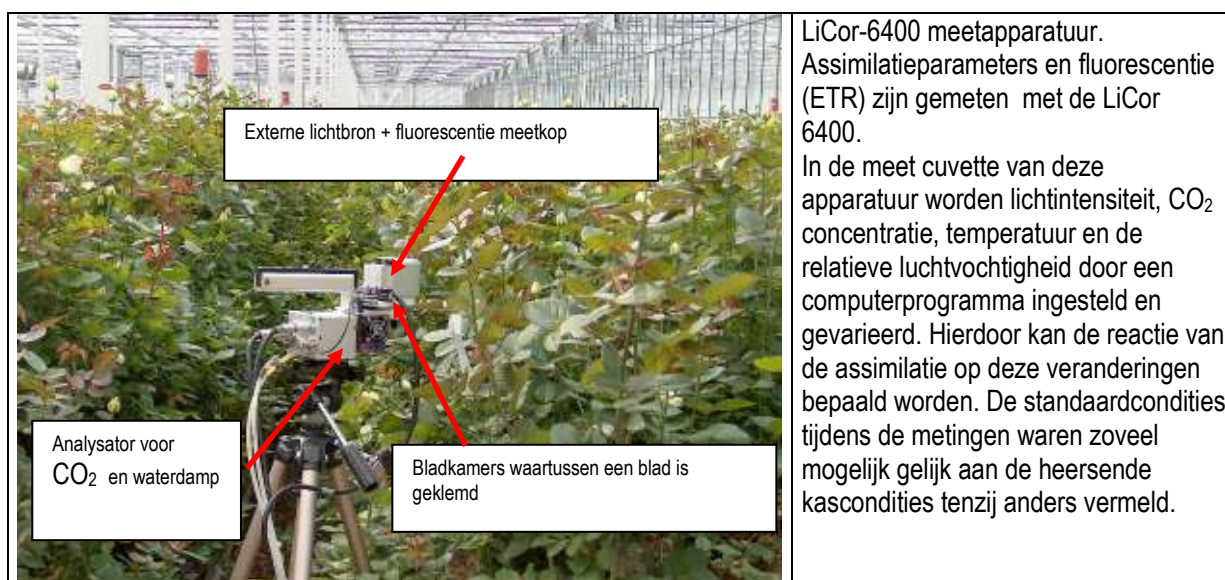
Het korte onderzoek van 1 dag was bedoeld om een eerste indruk te verkrijgen van de effecten van koeling bij de roos Avalanche. In dit onderzoek werd het effect op fysiologische processen in kaart gebracht, met bijzondere aandacht voor de fotosynthese parameters en de huidmondjes reactie op diverse factoren van het kasklimaat zoals, lichtintensiteit (zie bijlage 1), VPD (zie bijlage 2) en CO<sub>2</sub> concentratie. Daarnaast werd een eerste aanzet gegeven om het effect van koeling op de gewastemperatuur en de huidmondjesgeleidbaarheid inzichtelijk te maken met een bolometer (IR-160 Thermal Imager).

De resultaten van het onderzoek dienen als hulp bij keuzes van teeltmaatregelen, zoals de manier van koelen, effect van schermen, optimale lichttoelating, grenzen van temperatuurverloop over de dag, CO<sub>2</sub> of buitenlucht koeling etc. Plant Dynamics probeert met gerichte metingen op locatie, gebaseerd op een gefundeerde wetenschappelijke basis, de belangrijkste zaken die daarbij een rol spelen snel in kaart te brengen.

## 1.2 Materiaal en Methoden

### 1.2.1 Fotosynthese en huidmondjes metingen

De fotosynthese metingen zijn verricht met de LiCor fotosynthese apparatuur. In het meetcuve van deze apparatuur kunnen de lichtomstandigheden, de CO<sub>2</sub> concentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gevarieerd worden. Hierdoor kan de korte-termijn reactie in fotosynthese van het blad op deze veranderingen bepaald worden.



De LiCor-6400 kan zodanig geprogrammeerd en gekalibreerd worden dat automatisch in ongeveer 40 minuten

een reeks van oplopende lichtintensiteiten op het ingeklemde blad wordt gedoseerd. Na elke stap wordt de actuele assimilatie van het betreffende blad gemeten. Daarnaast wordt de openingstoestand van de huidmondjes gemeten en wordt met behulp van chlorofyl fluorescentie de fotosynthese capaciteit gemeten. Tijdens de metingen met de LiCor-6400 bij verschillende lichtintensiteiten werd de CO<sub>2</sub> concentratie op 800 ppm gehandhaafd. De lichtintensiteit tijdens de CO<sub>2</sub> respons curve was 1500 μmol PAR.

### 1.2.2 Temperatuurmetingen

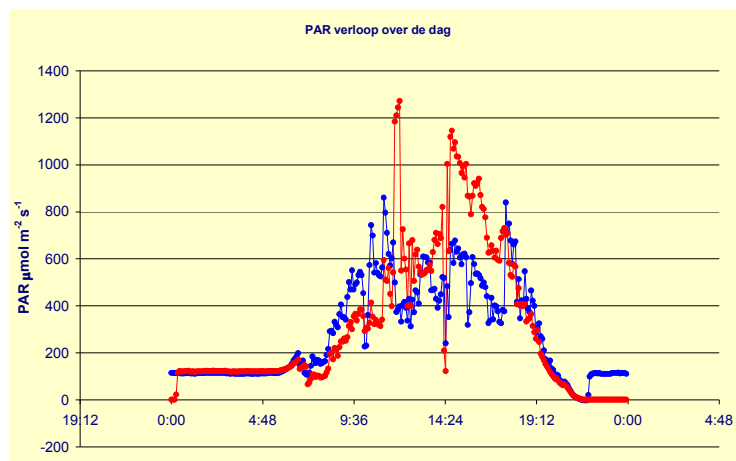
Temperatuur metingen werden verricht met een handheld infrarood thermometer en een bolometer (IR-320) met een gevoeligheid van 0,08 °C, speciaal ontwikkeld voor het langgolvlige gebied waardoor er geen hinder werd ondervonden van kortgolvlige infrarood reflecties.

Samenvatting van klimaatsomstandigheden tijdens metingen

### 1.2.3 Kasklimaat

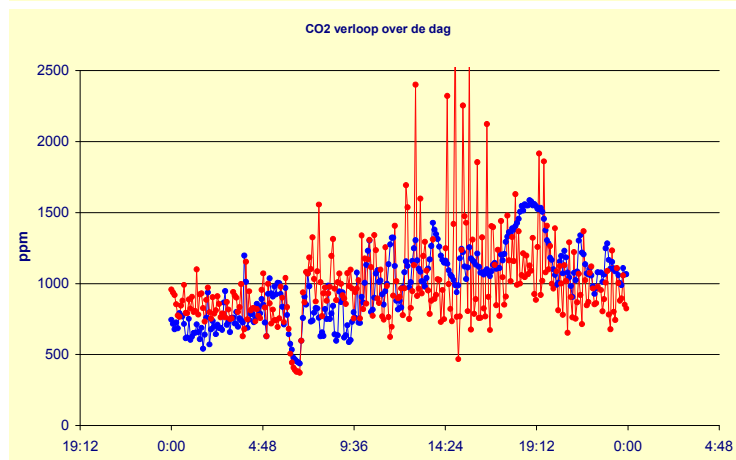
De metingen werden verricht op 14 mei 2008. Het was een zonnige dag. De assimilatiebelichting (140 μmol in gekoelde kas en 110 mol in ongekoelde kas werd om 7:00 uitgeschakeld.

Het dek van de ongekoelde kas was gecoat met Reduheat. In de gekoelde kas werd om 12:24 het scherm dichtgetrokken.



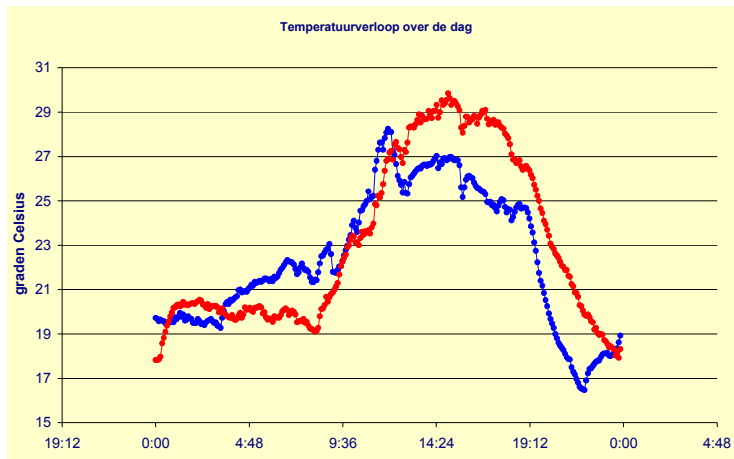
PAR over de dag

PAR in ongekoelde kas (rode lijn) en gekoelde kas (blauwe lijn). Door toepassing van Reduheat was de temperatuur in de ongekoelde kas in de ochtend lager dan in de gekoelde kas. In de middag draaide de situatie door schermen in de gekoelde kas.



CO<sub>2</sub> over de dag

Hoge optimale CO<sub>2</sub> concentraties. In de gekoelde kas is ook ruim voldoende CO<sub>2</sub> aanwezig.



### Temperatuurverloop

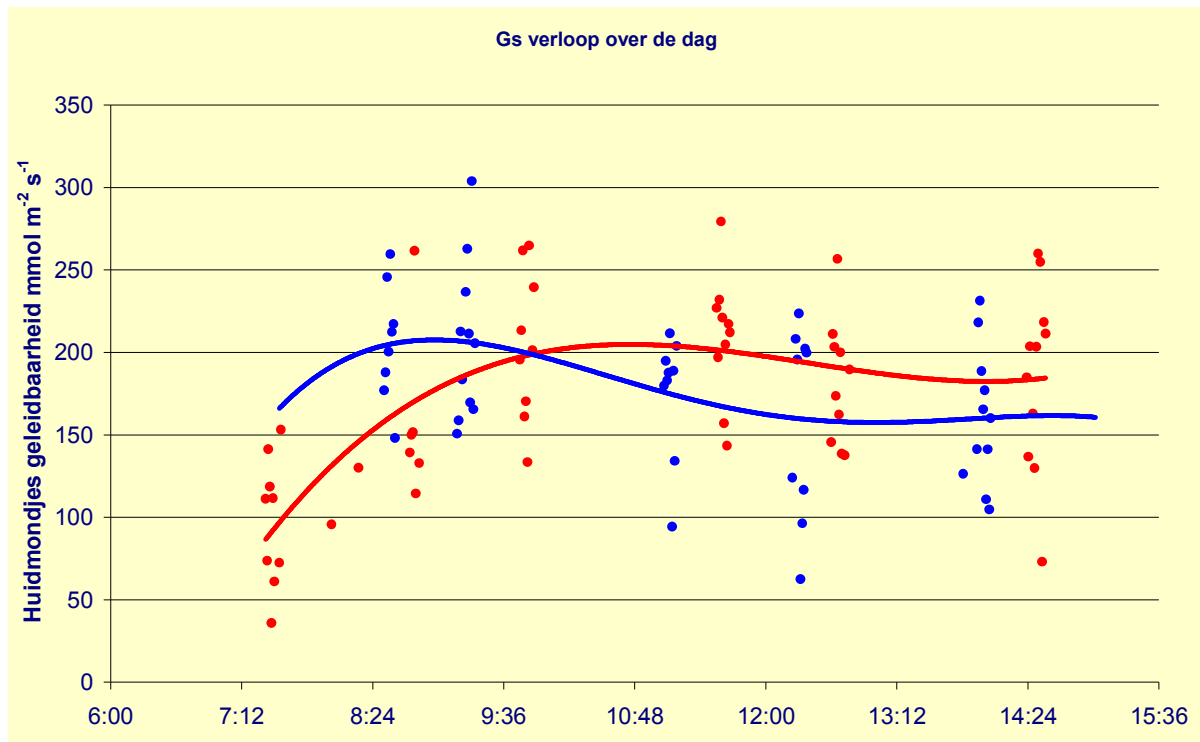
De ongekoelde kas (rode lijn) is 's ochtends koeler vanwege de Reduheat coating. In de loop van de dag wordt het koeler in de gekoelde kas vanwege het aanschakelen van de koeling om 10:45 u en sluiten van het scherm om 11:45 u.

## 1.3 Experimentele resultaten

### 1.3.1 Fotosynthese en huidmondjes

#### 1.3.2 Verloop van de huidmondjes geleidbaarheid over de dag

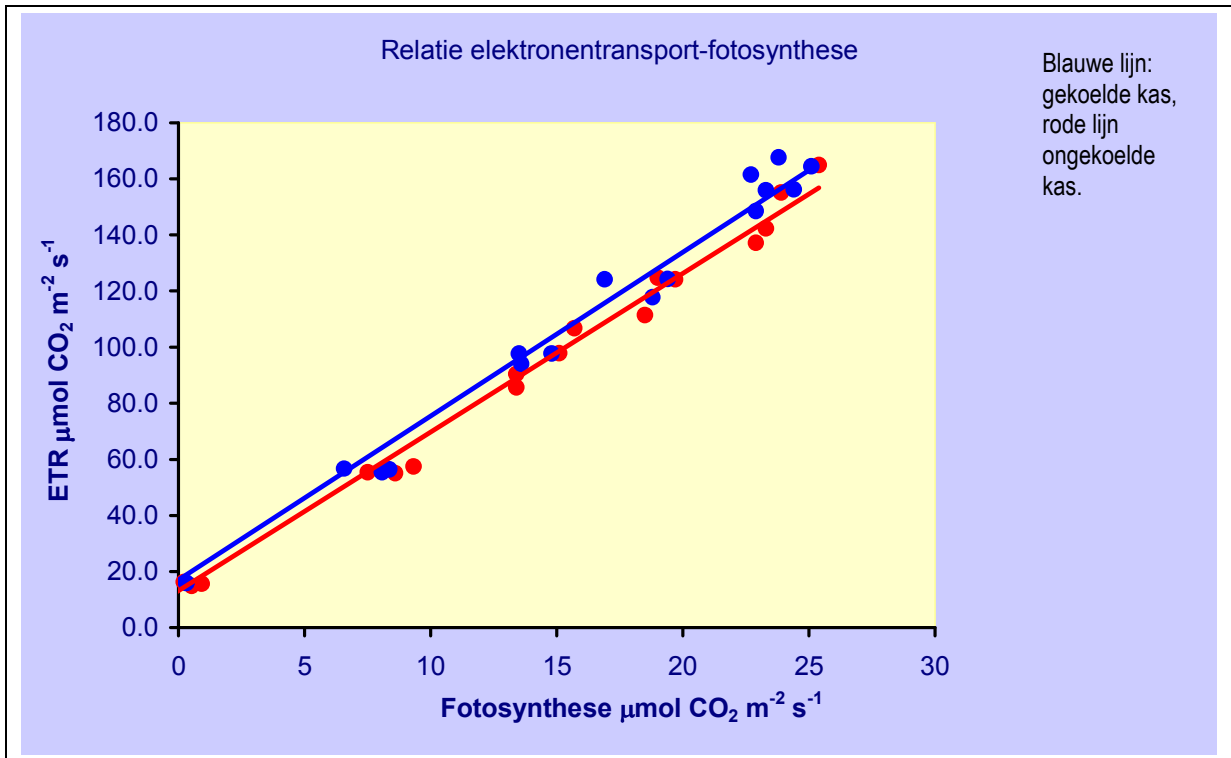
Uit de metingen met de porometer bleek dat bij Avalanche de huidmondjes geleidbaarheid in de ochtend toeneemt vanaf het moment dat de belichting is aangegaan (blauwe lijn+ongeoelde kas, rode lijn ongeoelde kas). De opening van de huidmondjes gaat traag en kan een half uur tot een uur in beslag nemen. De snelheid is gekoppeld aan lichtintensiteit en bladtemperatuur. Het is een uitdaging om ervoor te zorgen dat de afname in lichtbenutting aan het eind van de dag, door sluiting van de huidmondjes wordt voorkomen. Belangrijke indicaties zijn daarbij het voorkomen van bladtemperaturen boven 28 °C en het aanhouden van een hoge RV, voor zover dit geen problemen oplevert met schimmel en bacterie ziekten.



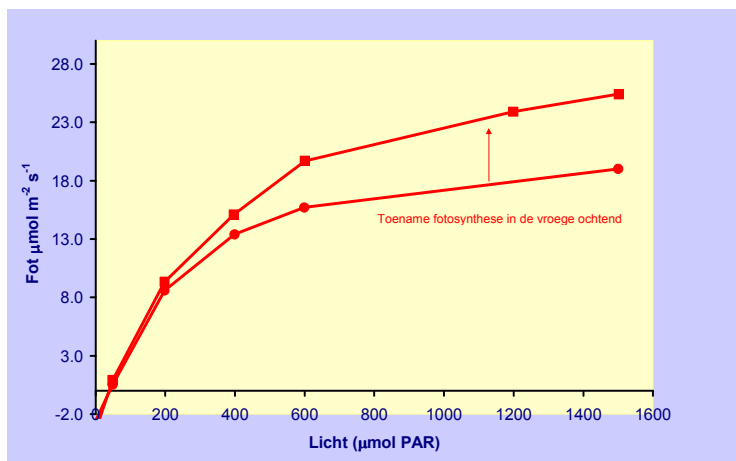
In de ochtend loopt de geleidbaarheid van de huidmondjes ( $G_s$ ) op. De gemiddelde  $G_s$  over de dag was voor de ongekoelde kas  $172 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  en voor de gekoelde kas  $180 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Er is dus nauwelijks verschil tussen de behandelingen maar het verloop volgt de trend van het temperatuurverloop in beide kassen.

### 1.3.3 Fotosynthese capaciteit

Met behulp van fluorescentiemetingen, die simultaan worden verricht met de assimilatiemeting, is de assimilatie capaciteit in afwezigheid van huidmondjesbeperking bepaald (ETR). De relatie tussen de simultaan gemeten fotosynthese en ETR voor alle metingen is in de figuur hieronder weergegeven voor de gekoelde (blauw) en de ongekoelde kas (rood). Uit de vergelijking tussen beide lijnen blijkt dat er geen verschil is in fotosynthese-efficiëntie in de gekoelde en ongekoelde kas. De parallelle verschuiving wordt veroorzaakt door de iets lager ademhaling in de gekoelde kas. Het is opmerkelijk dat huidmondjes geleidbaarheid op geen enkel moment beperkend geweest, kenmerkend voor een zeer productief gewas.

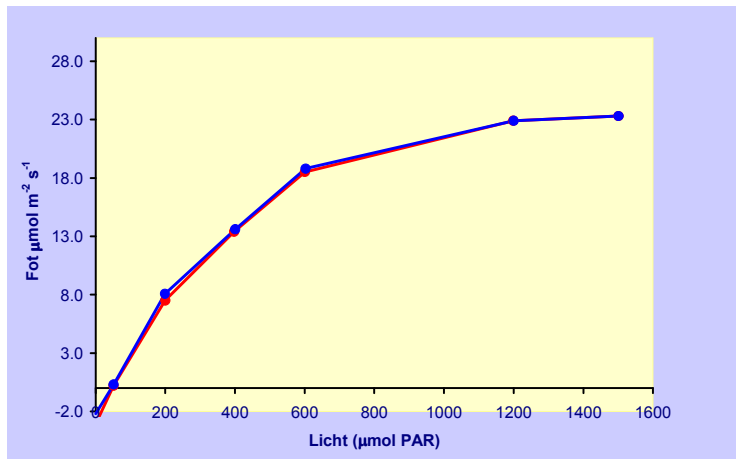


### 1.3.4 Fotosynthese licht response



#### Ongekoelde kas

Van 7:00 's ochtends (rondjes) naar 8:30 u nam de fotosynthese bij hogere lichtintensiteiten nog toe. Dit werd niet veroorzaakt door de huidmondjesgeleidbaarheid maar door een langzame toename van ETR. De huidmondjes geleidbaarheid nam overigens ook toe maar was nooit beperkend. Na 8:30 bleef de relatie tussen fotosynthese en lichtintensiteit vrijwel constant.



Vergelijking van de fotosynthese bij toenemende lichtintensiteit in de gekoelde en ongeoelde kas.

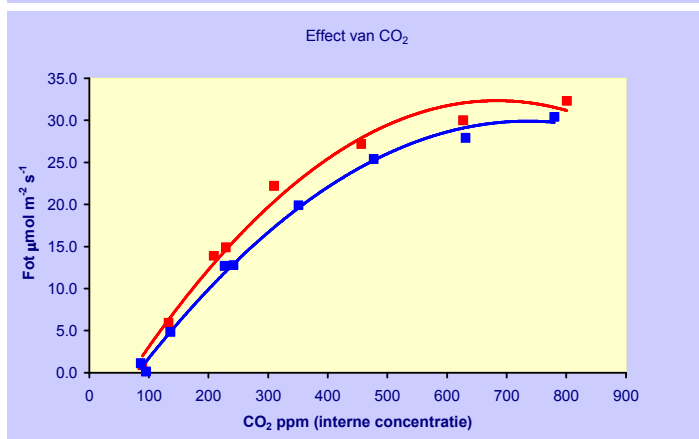
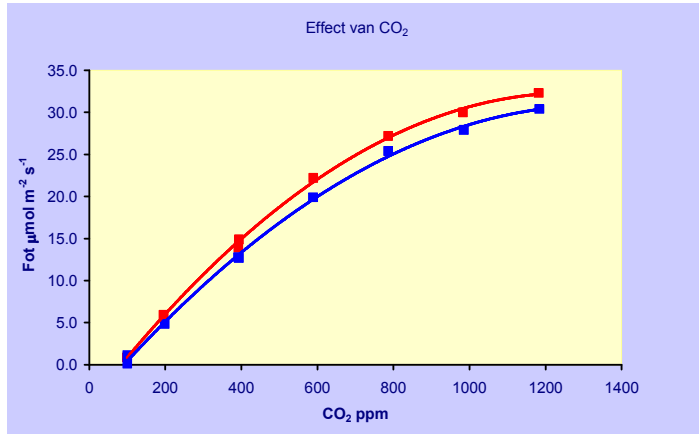
De fotosynthese is gemeten om 10:30 in de ongeoelde kas en om 11:30 in de gekoelde kas. De curven zijn identiek. De gemiddelde geleidbaarheid was 0.18 in de ongeoelde kas en 0.16 in de gekoelde kas. De meting voor plantbelasting (Npq) was 0.5 in de ongeoelde kas en 0.6 in de gekoelde kas bij lichtverzadiging. Dit betekent dat de planten geen enkele stress ondervonden.



Overzichtsituatie van meetplot in gekoelde kas.



### 1.3.5 Fotosynthesemetingen: invloed CO<sub>2</sub>



Door de CO<sub>2</sub> concentratie in het meetcuvet te variëren werd het effect van CO<sub>2</sub> op de fotosynthese snelheid bepaald. De initiële startconcentratie was 200 ppm. In het meetcuvet werd de concentratie stapsgewijs opgevoerd tot 1200 ppm. De lichtintensiteit werd constant gehouden op 1500 μmol PAR. De reactie op een toename van de CO<sub>2</sub> concentratie is in de gekoeld en ongekoelde kas vrijwel gelijk.

In deze figuur is de fotosynthese uitgezet tegen de gemeten CO<sub>2</sub> concentratie in het blad.

De patronen zijn vergelijkbaar omdat we al eerder geconstateerd hadden dat de huidmondjes geen limiterende factor waren. De CO<sub>2</sub> opname capaciteit is in de ongekoelde kas iets hoger dan in de gekoelde kas. Mogelijk heeft de leeftijd van het gewas hier mee te maken of het feit dat de ongekoelde kas minder lichtstress hebben ondergaan.

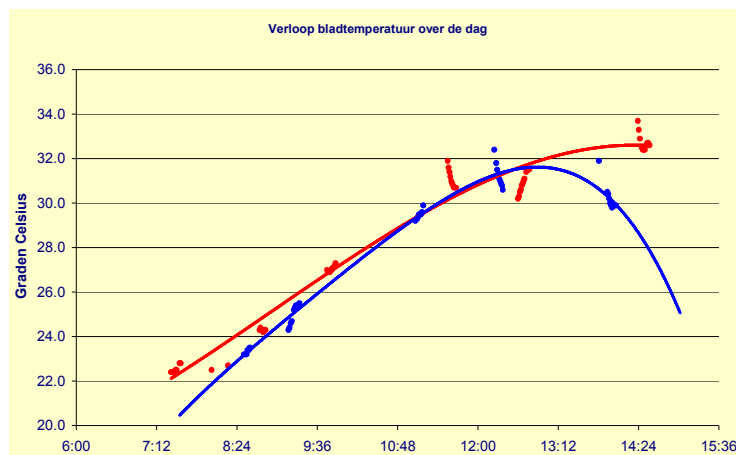
### 1.3.6 Bladtemperatuur



Bolometer image van kas met koeling (donkere delen), gewas en warme constructiedelen (lichte delen). Het scherm is dicht.

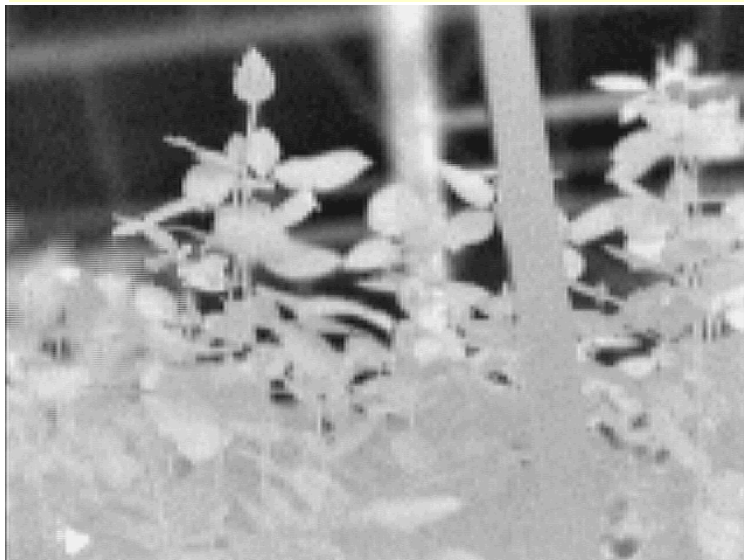
In de ongekoelde kas was de gradiënt van de temperatuur in het gewas, (van top via midden naar ingebogen blad) door het gebruik van Reduheat betrekkelijk gering: namelijk minder dan 1 graad in de ochtend, 1,1 °C rond het middaguur en 3,8 °C in de middag. In de gekoelde kas was de gradiënt 's ochtends vroeg gelijk aan de ongekoelde kas. Daarna liep het verschil snel op en om 9:00u werd in de "gekoelde kas" al een gradiënt van 1,2 °C gemeten. De koeling was toen echter nog uit. Om 10:45 was de bladtemperatuur in de "gekoelde kas" opgelopen tot 27,3 °C. Op dat moment schakelde de koeling in. De bladtemperatuur van het topblad daalde binnen 3,5 minuten van 27,3 naar 25.8 °C en de gradiënt keert op: boven 25,8°C onder 26,3°C.

De situatie was uitermate stabiel over de dag. Er waren geen noemenswaardige temperatuurschokken gemeten en de gradiënten over het gewas waren klein en waarschijnlijk zijn ze fysiologisch verwaarloosbaar. Het gewas zelf was door de uitstekende conditie en reguleerde het klimaat voor een groot deel zelf. Het sluiten van het scherm heeft praktisch dezelfde koelende werking als de koelinstallatie zelf: een daling van de temperatuur met 1,5 °C. Het verschil met de koeling was een kleinere gradiënt tussen top en bodem maar dit is een marginaal effect dat geen gevolg heeft voor de teelt.



De verschillen in bladtemperatuur over de dag

Er is een duidelijk verschil in de trend waarmee de bladtemperatuur over de dag varieert. Vooral in de loop van de middag loopt de bladtemperatuur in de niet-gekoelde kas hoog op. Het verschil tussen de top en het ingebogen blad is bij hoge instraling ongeveer 3,8 °C graden in de ongekoelde kas en 1,2 °C in de gekoelde kas.



Zonder scherm, koeling uit.

Temperatuurverschil tussen de grijsvariëaties van de bladeren 1.8 °C.



Zonder scherm koeling aan.

Gelijkmatige afkoeling. Geen "hotspots", behalve de bloem die blijft langer warm door de hoge warmtecapaciteit.

Temperatuurverschil tussen de grijsvariëaties van de bladeren is ongeveer 1.0 °C.

## 2 Conclusies

- De fotosynthese en de huidmondjesgeleidbaarheid van het studieobject zijn optimaal te noemen.
- Enkele beperkingen: de ochtendtemperatuur was in de ongekoelde kas wat laag voor een optimale fotosynthese. Een snellere opwarming werd voorkomen door de aanwezigheid van Reduheat. Reduheat hield de temperatuur tot in de middag op optimale waarden. De temperatuur liep in de ongekoelde kas in de middag iets te hoog op.
- De huidmondjesgeleidbaarheid volgt over de dag exact het verloop van de bladtemperatuur. Voor Avalanche lijkt het optimum bij 25-27 °C te liggen. Overigens bleek een bladtemperatuur van 32 °C niet zodanig stressvol te zijn dat de huidmondjes dusdanig sloten dat de fotosynthese daardoor sterk afnam.
- Er waren geen negatieve effecten van het bewegen van bladeren door luchtstroming.
- De temperatuur gradiënt van de bladeren over het gewas, tijdens het koelen, is verwaarloosbaar klein ten aanzien van de verwachte fysiologische effecten.
- De traagheid van de koeling van de bloem is misschien nog een factor die aandacht verdient.
- Schermen heeft bij hoge instraling praktisch evenveel effect als koelen. Het nadeel van schermen is de sterke afname van PAR. Met name in situaties dat veel CO<sub>2</sub> beschikbaar is zou de weggeschermd straling nog tot productieverhoging hebben geleid.

## Bijlage 1. Luchtvochtigheid

VPD in relatie tot RV in de kas

0.8 kPa komt overeen met:  
25 graden blad en 75 % RV kas  
30 graden blad en 80 % RV kas

1.5 kPa komt overeen met:  
25 graden blad en 55 % RV kas  
30 graden blad en 65 % RV kas

Luchtvochtigheid is een van de belangrijkste klimaat factoren in de kas. Bij alle temperaturen kan waterdamp door condensatie overgaan in vloeibaar water en door verdamping weer in waterdamp. Voor verdamping van waterdamp is veel energie nodig, die bij condensatie weer vrijkomt. De overgang van waterdamp naar water en omgekeerd heeft grote invloed op de energiehuishouding in de kas. Inzicht in het begrip luchtvochtigheid en alles wat daarmee samenhangt, is dus van essentieel belang voor een goed kasklimaat.

De luchtvochtigheid is afhankelijk van de hoeveelheid waterdamp die in de lucht zit. Om een beeld te krijgen moet men rekening houden met de volgende factoren: absolute luchtvochtigheid, relatieve luchtvochtigheid (RV), dampdruk, dampdruk deficit, dauwpunt.

### 2.1.1 Absolute luchtvochtigheid

Is de hoeveelheid waterdamp ( $\text{g/m}^3$ ) die de lucht maximaal kan opnemen. Omrekeningen van absolute luchtvochtigheid naar relatieve luchtvochtigheid kan alleen als de temperatuur bekend is. Bijvoorbeeld  $15 \text{ g/m}^3$  bij  $17.5 \text{ }^\circ\text{C}$  is gelijk aan 100% RV, terwijl bij  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  het gelijk is aan 65% RV.

### 2.1.2 Relatieve luchtvochtigheid (RV)

De relatieve luchtvochtigheid is de verhouding tussen de hoeveelheid waterdamp die in de lucht zit en de hoeveelheid die de lucht bij dezelfde temperatuur maximaal kan opnemen. De RV wordt uitgedrukt in procenten. Bijvoorbeeld bij  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  kan de lucht  $17.3 \text{ g/m}^3$  waterdamp bevatten. Als er nu maar  $13 \text{ g/m}^3$  inzit bij  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  is er een RV van 75 %.

Veranderingen in de RV zijn afhankelijk van twee factoren: de temperatuur en het vochtgehalte. Bij een gelijk vochtgehalte daalt de RV als de temperatuur stijgt. Omgekeerd stijgt de RV als de temperatuur daalt. Als de luchttemperatuur gelijk blijft maar het vochtgehalte veranderd wijzigt ook de RV.

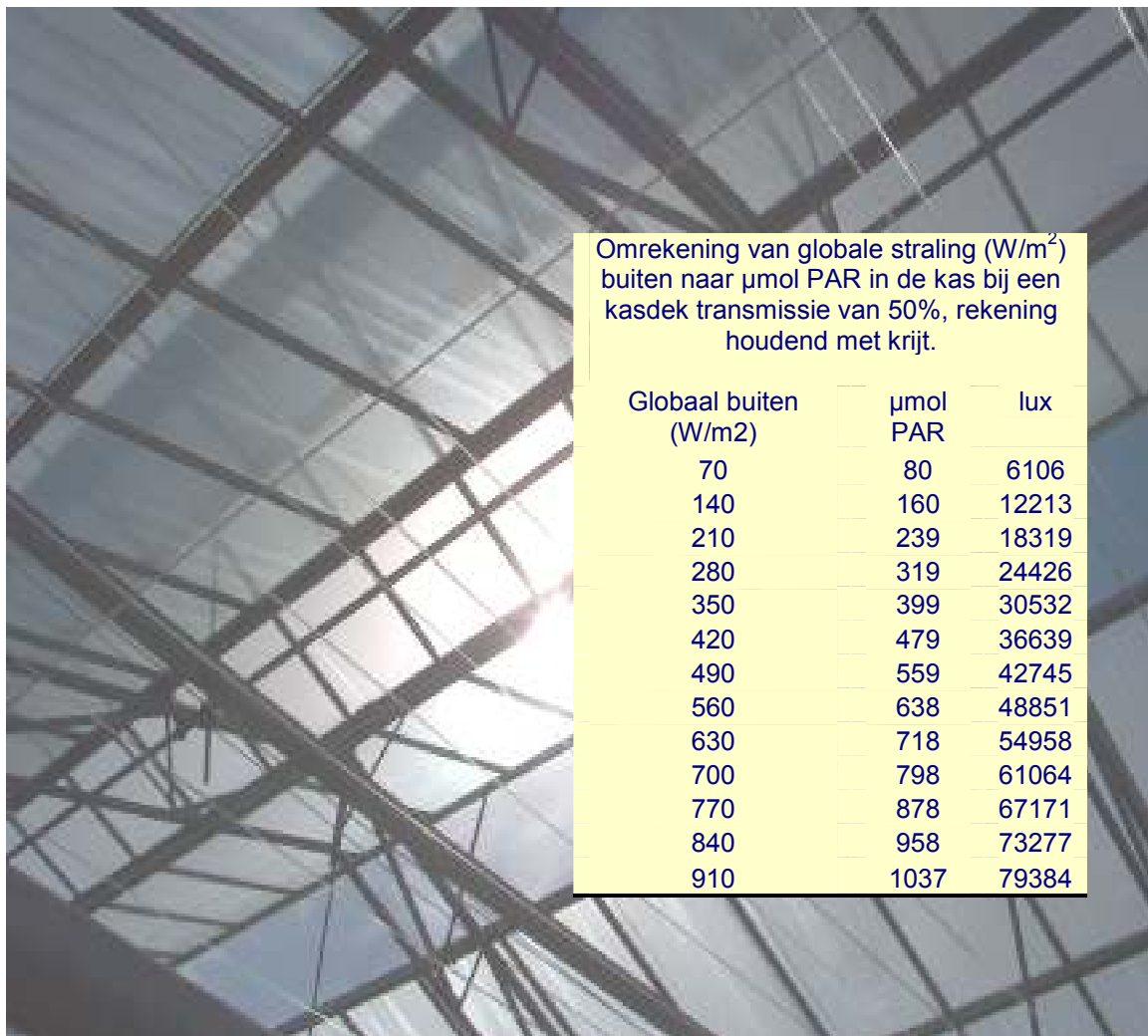
### 2.1.3 Dampdruk (VP) en dampdruk deficit (VPD)

Dampdruk ontstaat door botsingen van waterdampmoleculen. De druk die de moleculen uitoefen hangt af van de massa en de gemiddelde snelheid (is temperatuur) van de moleculen. Alle gassen die zich in de lucht bevinden maken samen de luchtdruk. Dampdruk van water ligt normaal ergens tussen de 1 en 5 kPa.

Het waterdampdruk deficit is het verschil tussen de maximale waterdampdruk en de actuele waterdampdruk. De VPD ligt normaal tussen de 0.1 kPa (hoge luchtvochtigheid) en de 3 kPa (lage luchtvochtigheid). Een lage VPD betekent een hoge luchtvochtigheid en omgekeerd. Hoe hoger de VPD hoe droger de lucht en hoe meer de plant moet verdampen.

## Bijlage 2. Licht

In deze studie wordt licht uitgedrukt in  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Omdat niet iedereen deze eenheid hanteert, is met deze tabel een omrekening te maken naar de gemeten globale straling buiten (mits de transmissie van het kasdek bekend is) of naar de eenheid lux. Uitgaande van het feit dat ongeveer 45% van de globale straling uit PAR licht bestaat betekent dat er maximaal 80 W PAR overblijft in de kas. Voor zonlicht geldt dat 1 W PAR gelijk is aan 4,56  $\mu\text{mol}$ . 80 W/m<sup>2</sup> PAR in de kas is gelijk aan 365  $\mu\text{mol}$  PAR in de kas. Onder niet geschermded condities, bijvoorbeeld bij 650 W/m<sup>2</sup> buiten is de lichtintensiteit in de kas 325 W/m<sup>2</sup> globaal = 325 \* 0.45 = 146 W/m<sup>2</sup> PAR = 670  $\mu\text{mol /m}^2$  PAR.



Omrekening van globale straling (W/m<sup>2</sup>) buiten naar  $\mu\text{mol}$  PAR in de kas bij een kasdek transmissie van 50%, rekening houdend met krijt.

Globaal buiten (W/m <sup>2</sup> )	$\mu\text{mol}$ PAR	lux
70	80	6106
140	160	12213
210	239	18319
280	319	24426
350	399	30532
420	479	36639
490	559	42745
560	638	48851
630	718	54958
700	798	61064
770	878	67171
840	958	73277
910	1037	79384