



Inzet plantmonitor bij CO₂-proef roos

Evaluatie metingen en gebruiksmogelijkheden

H. J. van Telgen, R. Baas.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
Sector Glastuinbouw
December 2001

€ 26,50

Publicatienummer 534

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING EN DOEL.....	5
1.1	VOORGESCHIEDENIS.....	5
1.2	INZET BIJ CO ₂ -PROEF.....	5
1.3	DOEL.....	5
2	MATERIAAL EN METHODEN.....	7
2.1	PROEFOPZET EN KASINSTELLINGEN.....	7
2.2	GEbruikte SENSOREN EN VERWERKING DATA.....	7
2.3	AANVULLENDE PROEF.....	8
3	RESULTATEN EN DISCUSSIE.....	9
3.1	INLEIDING.....	9
3.2	VERSCHILLEN IN BLAD- EN OMGEVINGSTEMPERatuur.....	9
3.2.1	Binnen een plant.....	9
3.2.2	Conclusie.....	10
3.3	VERSCHILLEN IN BLADTEMPERatuur.....	10
3.3.1	Tussen planten binnen een meetvak.....	10
3.3.2	Conclusie.....	13
3.4	VERSCHILLEN TUSSEN KASSEN.....	13
3.4.1	Omgevingstemperatuur.....	13
3.4.2	Conclusie.....	15
3.5	VERSCHILLEN TUSSEN HOOG OF LAAG NIVEAU ASSIMILATIELICHT.....	15
3.5.1	Effecten algemeen.....	15
3.5.2	In hoeverre is assimilatiebelichting in de nacht effectief?.....	16
3.5.3	Conclusie.....	18
3.6	STENGELDIKTE METINGEN.....	18
3.6.1	Diktegroeï onder normale omstandigheden.....	19
3.6.2	Meting diktegroeï bij geïnduceerde droogtestress.....	20
3.6.3	Conclusies.....	22
4	ALGEMENE DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN.....	23

1 Inleiding en doel

1.1 Voorgeschiedenis

De inzet van gewasmonitoren heeft grote belangstelling vanuit de teeltpraktijk en vanuit het onderzoek. Van beide zijden worden de mogelijkheden van deze apparaten als middel voor het detecteren van stress als zeer veelbelovend gezien. Daarbij denkt men vanuit het "speaking plant" concept: een plant reageert op verandering in omgevingsfactoren met meetbare signalen die een aanwijzing kunnen zijn voor een verandering in groeigedrag. Apparatuur om deze signalen te meten zijn bijvoorbeeld de Phytomonitor® van de firma Phytech en de Plantmonitor van de firma Growlab. Met beide apparaten is het mogelijk om momentaan eigenschappen zoals bijvoorbeeld bladtemperatuur, sapstroomsnelheid, diktegroei te meten. Andere typen sensoren voor bijv. fotosynthese zijn of komen beschikbaar.

De meetgegevens kunnen een goede indicatie zijn voor de toestand waarin de meetplant op dat moment verkeert. Als men in staat zou zijn deze signalen correct te meten én te interpreteren wordt het in principe mogelijk voor de teler om ongunstige én gunstige veranderingen in groeipatroon vroegtijdig te signaleren en te onderscheiden en zondig tijdig bij te sturen. Vooralsnog is nog niet duidelijk in hoeverre de gegevens van deze lokale meting representatief zijn voor het gehele gewas.

1.2 Inzet bij CO₂-proef

Om inzicht te krijgen in de representativiteit van de metingen en de mogelijke waarde voor toepassing in de praktijk zijn door de Landelijke Rozencommissie LTO beide bovengenoemde firma's uitgenodigd deel te nemen in een vergelijkingsproef waarbij hun apparatuur kon worden ingezet. Uiteindelijk is alleen de firma Growlab op de uitnodiging ingegaan om hun systeem in te zetten in de lopende CO₂-proef. Daarbij is de groei van het gewas van augustus tot en met december 2000 gevolgd.

In gezamenlijk overleg tussen LTO-Roos, Growlab en PPO is gekozen voor een vergelijking van de behandelingen van wel/niet vernevelen bij 20°C en 1400 ppm CO₂. Binnen elke behandeling waren 2 lichtniveaus en 2 plantleeftijden aanwezig. Gekozen is om alleen oude planten te meten, maar wel bij beide belichtingsniveaus (twee meetvelden per kas). Naast de plantrespons registreerde het PPO gegevens over het kasklimaat en is met FD-sensoren het vochtgehalte van het groeimedium gemeten.

1.3 Doel

Er werd geen hypothese getoetst. Vanuit de huidige kennis is geprobeerd een aantal mogelijke verklaringen te geven voor de gemeten signalen in relatie tot de klimaatgegevens zoals vastgelegd in de PPO-computer. Tevens kon zo inzicht worden verkregen over de spreiding tussen planten binnen meetvelden en tussen meetvelden.

2 Materiaal en methoden

2.1 Proefopzet en kasinstellingen

In de periode van 27 juli tot en met 28 december zijn twee Growlab plantmonitoren ingezet in een producerend gewas van roos 'Indian Femma'® in twee verschillende kassen, verder aan te duiden als kas 100 en 200. Deze waren onderdeel van de proef 'Effect van CO₂ en temperatuur op productie en kwaliteit van roos'. Als meetplanten werden 2 jaar oude planten gebruikt, die groeiden in meetplots onder hoog (HL; 85 µmol/m².s) of laag lichtniveau (LL; 45 µmol/m².s). De verdere instellingen van beide kassen staan aangegeven in de tabel.

	Kas 100	Kas 200
Temperatuur (etmaalgemiddelde)	20°C	20°C
Maximum CO ₂ (ppm)	1400	1400
Assimilatie licht aan bij	Straling ≤ 150 W/m ²	Straling ≤ 150 W/m ²
Lichtperiode (wintertijd)	02.00/20.00	02.00/20.00
Verneveling aan bij	RV ≤ 75%	nooit

De extra dosering van CO₂ startte vanaf begin van de lichtperiode. Met dosering werd doorgegaan tot 50% luchting aan luwzijde. Het verschil tussen kas 100 en 200 was dat in kas 100 de verneveling in werking werd gesteld als de gemeten RV beneden de 75% daalde. Registratie van referentiewaarden van ruimtetemperatuur, CO₂ en RV (natte/droge bol) voor de klimaatcomputer vond plaats via een geijkte, geventileerde meetbox.

2.2 Gebruikte sensoren en verwerking data

In beide kassen werd met twee typen sensoren gewerkt: lvdtsensoren voor diktemeting en infrarood (IR) sensoren voor meting van blad- en omgevingstemperatuur. Per meetvak werden 2 IR en 2 ldtv-sensoren ingezet, voor zover mogelijk steeds paarsgewijs op verschillende planten. Elke vijf minuten werd een meting uitgevoerd. Meetdata werden doorgestuurd naar een lokale PC en daar via de bijgeleverde Growlab software opgeslagen in een Access database. Met dezelfde software kan op eenvoudige wijze de verwerking van de data naar grafieken plaatsvinden.

De meetsensoren werden genummerd van 101-112 en 201-212 voor kas 100, resp. 200, zoals aangegeven in tabel 2.

Meetvak	Bladtemperatuur (IR)	Omgevingstemperatuur	Diktegroeï (lvdts)
Kas 100, hoog licht	101, 103	102, 104	109, 110
Kas 100, laag licht	105, 107	106, 108	111, 112
Kas 200, hoog licht	205, 207	206, 208	211, 212
Kas 200, laag licht	201, 203	202, 204	209, 210

De sensoren werden voor de metingen steeds bevestigd op een groeiende, rechtopgaande tak van ca. 10 cm, die vervolgens tot de oogst (ca. 5 weken later) werd gemeten. Hierna werden de sensoren overgezet naar nieuwe takken, zodat gedurende de duur van het experiment steeds verschillende groeiende takken werden gemeten.

2.3 Aanvullende proef

Ter aanvulling werd een uitdrogingsproef uitgevoerd waarbij eigen FD-sensoren van het PPO werden gebruikt om de mate van vochtverlies te meten. Bedoeling hiervan was om het effect van een moedwillig geïnduceerde stress op de meetparameters te meten.

3 Resultaten en discussie

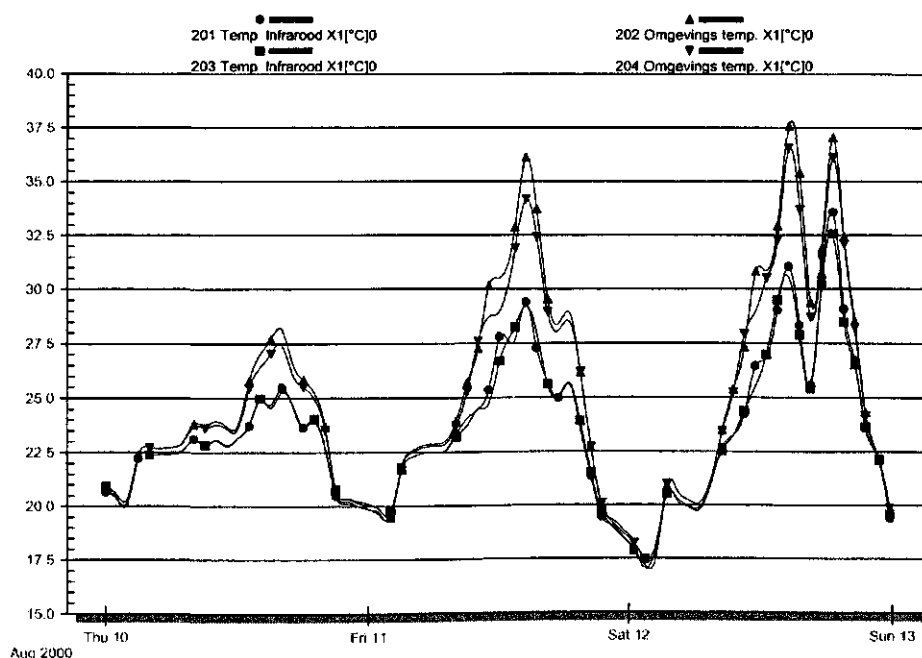
3.1 Inleiding

Voor de bespreking van de resultaten is gekozen voor een benadering om vanuit een bepaalde vraag willekeurige datasets te bestuderen. Daarbij werd geprobeerd trendmatigheden of juist afwijkingen op te sporen. Het doel was hierbij niet om een sluitende verklaring of interpretatie aan de gegevens te hangen (zie ook de opmerkingen hierover in de hoofdstuk 1). Waar dit af en toe toch gebeurt, geschiedt dit vrijblijvend zonder de pretentie dat dit ook voor 100% de oorzaak van hetgeen waargenomen is. Eerst worden de resultaten van de temperatuurproeven besproken (paragraaf 3.2 tot en met 3.5), daarna de resultaten van de diktegroei metingen met lvd sensorsen.

3.2 Verschillen in blad- en omgevingstemperatuur

3.2.1 Binnen een plant

De meting van bladtemperatuur vindt in het Growlab systeem plaats met infrarood (IR) sensoren die op een blad gericht worden. Om zo nauwkeurig mogelijk te meten moet de sensor zich zo dicht mogelijk bij het blad bevinden. Naarmate de sensor zich verder weg bevindt, wordt een groter oppervlak gemeten (inclusief open plekken etc.) en kan de verkregen waarde niet-representatief zijn. Normaal gesproken zal de meting van de bladtemperatuur op één blad van een rozentak plaatsvinden, maar in hoeverre is deze meting representatief voor de hele plant? Om hiervan een indruk te krijgen zijn gedurende acht dagen op twee verschillende takken van dezelfde plant sensoren geplaatst om de bladtemperatuur (via infrarood) en omgevingstemperatuur te meten. Het toeval wilde dat de meetperiode samenviel met een korte periode van zeer warm weer.



Figuur 1: Verloop van blad- en omgevingstemperatuur binnen één plant. De meetsensoren 201/202 en 203/204 waren op twee verschillende takken van dezelfde plant bevestigd. De curven tonen de uurgemiddeldes gedurende een periode van drie dagen.

De gemeten bladtemperaturen (Figuur 1; sensoren 201 en 203) in beide takken bleken op vrijwel gelijke wijze te verlopen. Op enkele momenten waren er kleine verschillen meetbaar, die maximaal 1.1°C bedroegen en vooral optraden bij snelle temperatuurstijging tijdens perioden met hoge instralingniveaus. De fluctuaties in de gemeten omgevingstemperatuur waren iets groter (maximaal 2.6°C), maar ook deze traden voornamelijk op bij periodes van hoge instraling.

3.2.2 Conclusie

Op grond van deze (beperkte) waarnemingen kan geconcludeerd worden dat de op een bepaald moment gemeten blad- en omgevingstemperatuur representatief is voor de temperatuur van de gehele plant. Voor een definitief oordeel is het echter noodzakelijk dat een langere en uitgebreidere proef uitgevoerd wordt.

3.3 Verschillen in bladtemperatuur

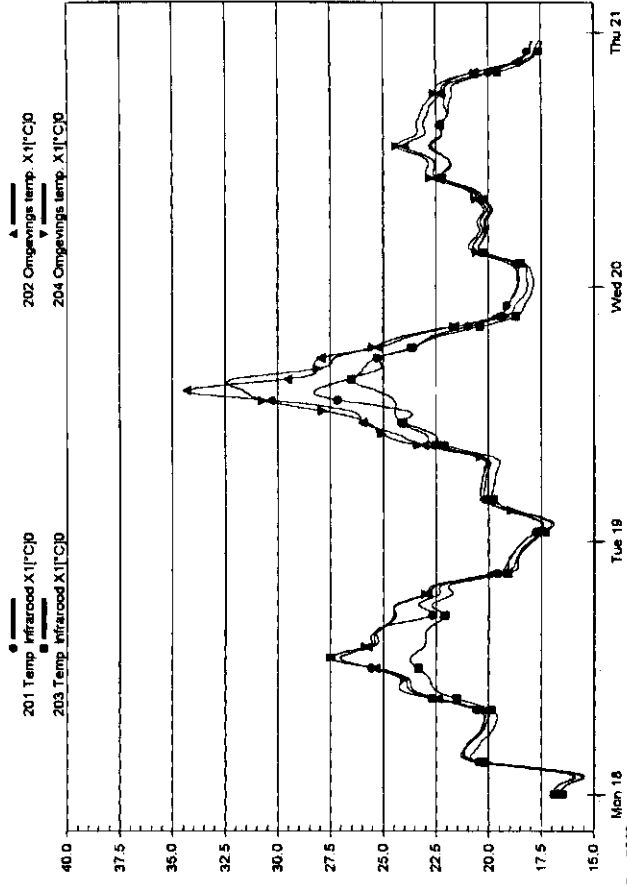
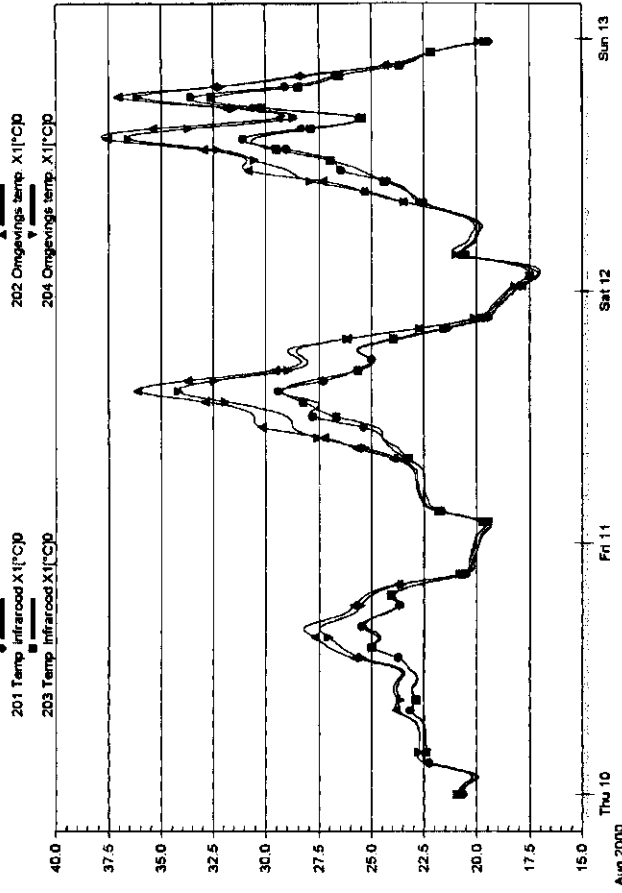
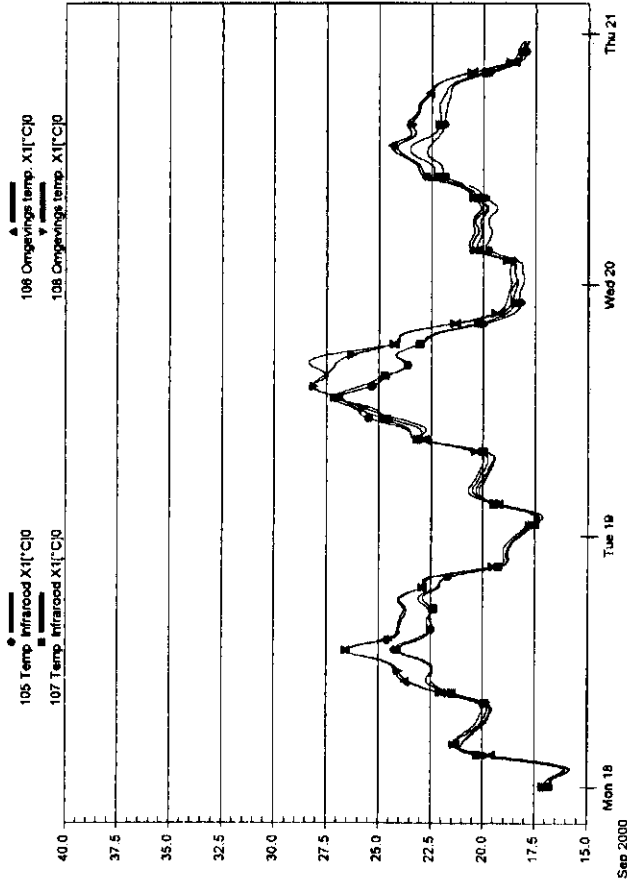
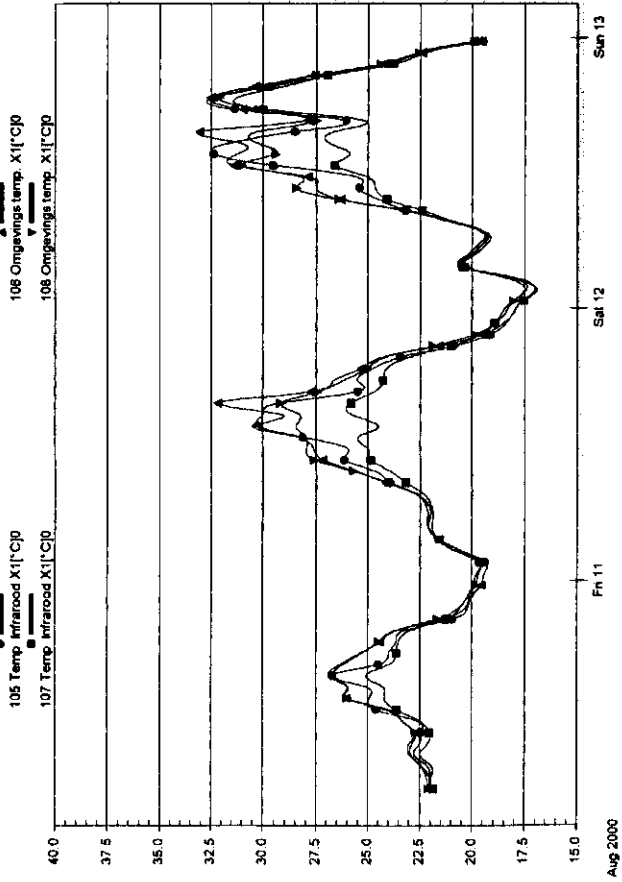
3.3.1 Tussen planten binnen een meetvak

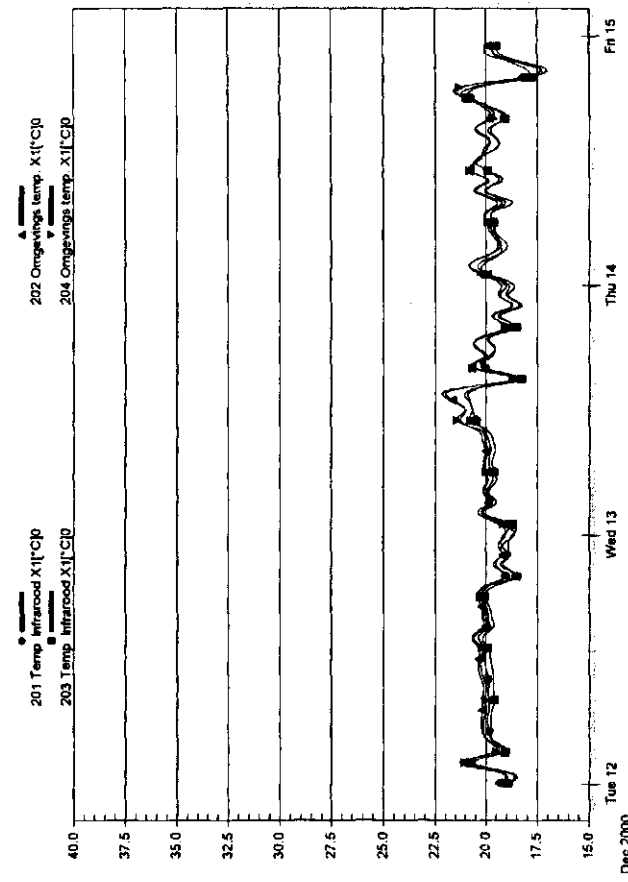
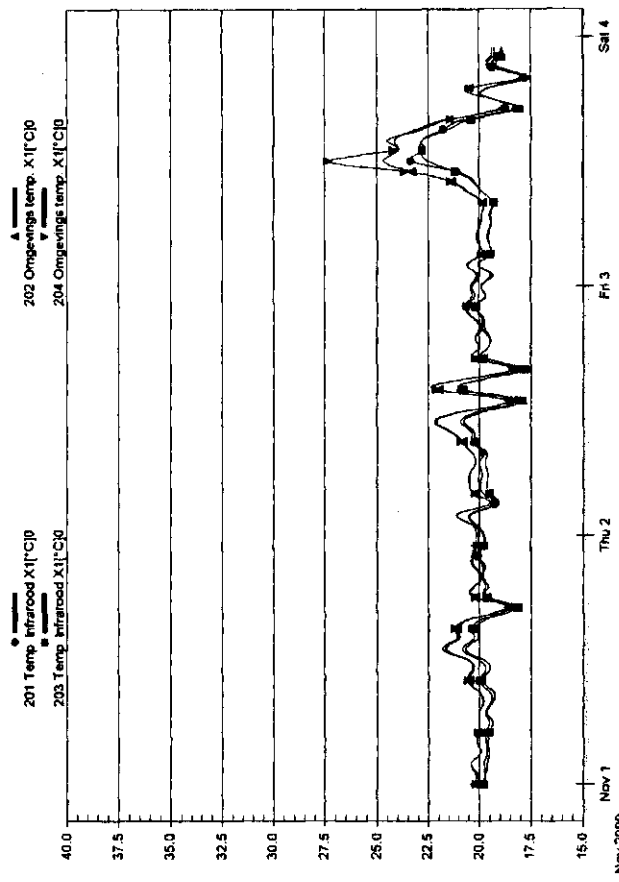
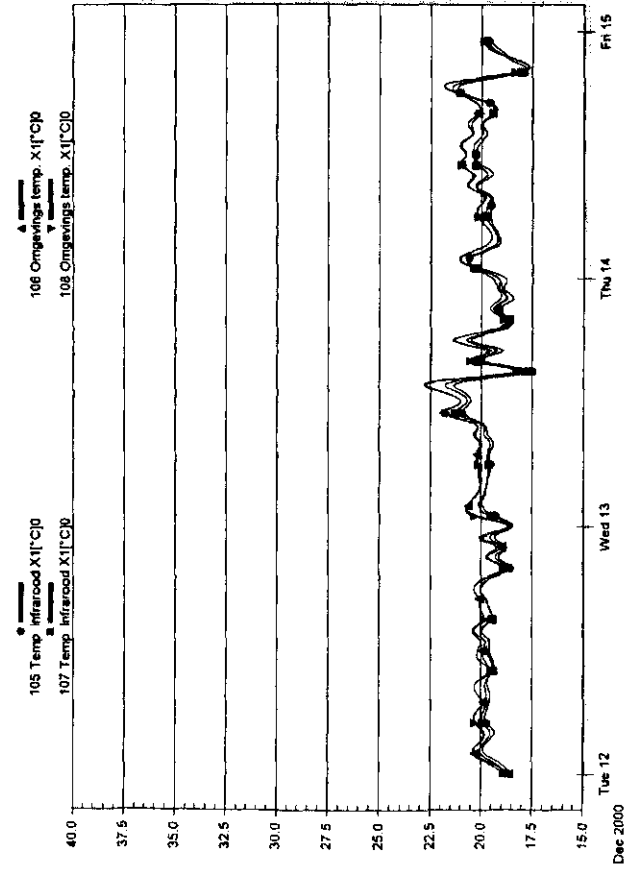
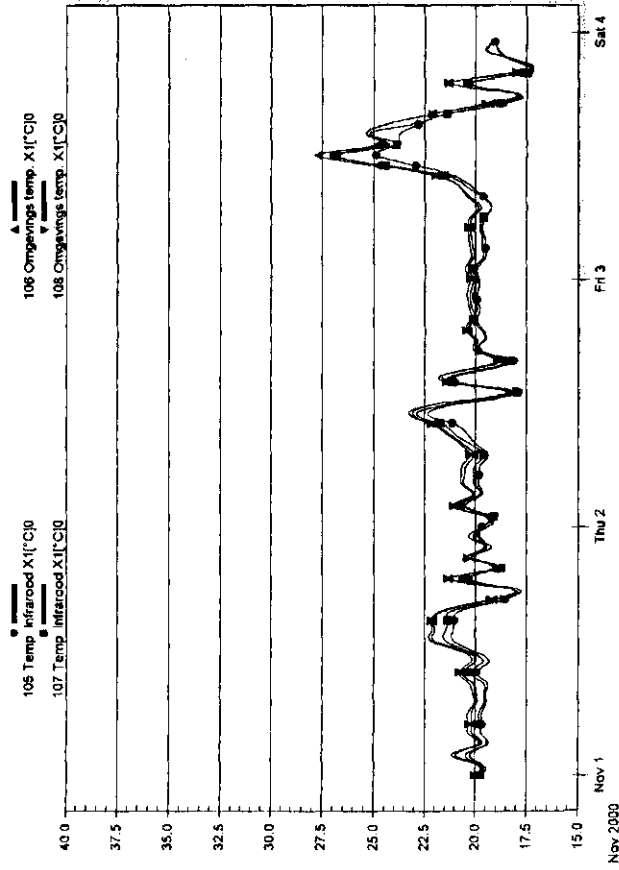
Om enig inzicht te krijgen in de variatie in bladtemperatuur **binnen een meetvak** van de twee kassen, zijn de uurgemiddelden uitgezet van vier willekeurige perioden van drie dagen met een interval van 6 weken zodat ook het verloop in het jaar zichtbaar wordt. Door dit interval waren de meetplanten overigens steeds verschillende planten (zie paragraaf 2.2). Als meetvak werden in beide kassen de vakken onder het lage niveau assimilatielicht genomen. Daarin werden steeds twee planten gemeten, waarvan de resulterende temperatuurcurven weergegeven zijn in figuur 2.

Tussen individuele planten traden in de bladtemperatuur gemakkelijk verschillen van 0.5-1.0°C op. Op twee zeer warme dagen met hoge instraling (11 en 12 augustus) bedroeg het verschil in kas 100 rond 14.00 uur zelfs 6.5°C (figuur 2, sensoren 105 en 107). Dit verschil kan niet verklaard worden uit plaatselijke hoge instraling, daar de omgevingstemperaturen tussen de twee meetplekken nauwelijks verschilden of kleiner waren dan de verschillen in bladtemperatuur (zie figuur 4, sensoren 105/106 en 107/108). Op sommige momenten was te zien dat bij de plant met sensor 105/106 de bladtemperatuur in kas 100 op het heetst van de dag gelijk of iets hoger is dan de omgevingstemperatuur, waardoor het verschil tussen blad- en omgevingstemperatuur, de zogenaamde delta-T (ΔT) ook kleiner wordt. Dit vormt een aanwijzing dat deze plant op dat moment minder verdampt en dus minder warmte afvoert. De oorzaak hiervan is niet geheel duidelijk, omdat de andere gemeten plant in dit meetvak dit effect niet vertoonde. Daar iedere plant individueel in een container staat, is het mogelijk dat het hier om tijdelijk watergebrek ging. Het feit dat de bladtemperatuur enkele uren later weer lager was, vormt hiervoor ook een aanwijzing. Vooropgesteld dat voldoende water beschikbaar is, zorgt de elasticiteit van de plant dus snel voor de nodige aanpassingen. Het verschijnsel dat de sterke toename van de bladtemperatuur (= afname in ΔT) vaak maar van korte duur was, is ook te zien in kas 200 op 12 augustus en kas 100 en 200 op 18 september. Tijdens de meetperioden bleef de bladtemperatuur in kas 200 ook tijdens zeer warme dagen wel steeds onder de omgevingstemperatuur. Dit is een aanwijzing dat ook op deze dagen geen echte problemen waren ontstaan doordat een goede verdamping opgetreden was.

De waargenomen verschillen in bladtemperatuur tussen individuele planten leken geen verband te houden met wel of niet vernevelen. Op 18 en 19 september werd bijvoorbeeld ook een groot verschil in bladtemperatuur waargenomen in kas 200 (Figuur. 2, sensoren 201 en 203), waar niet verneveld werd. Wanneer het verloop van de bladtemperatuur tussen kas 100 (verneveling) en 200 (geen verneveling) wordt bekeken, valt op dat de uurgemiddelden van de beide meetvakken slechts weinig verschilden. Het effect van verneveling leek zich dus vooral in een lagere omgevingstemperatuur (zie volgende paragraaf) en nauwelijks in een lagere bladtemperatuur te uiten.

Figuur 2 (volgende pagina's): Temperatuurverloop driedaagse periode in augustus, september, oktober en november. Links de grafieken van kas 100 (sensoren 105-106, 107-108) en rechts de grafieken van kas 200 (sensoren 201-202, 203-204) in meetvak onder laag assimilatielicht. Temp Infrarood = bladtemperatuur.





Als dit inderdaad zo is, wordt het vochtdeficit in de kas met verneveling ook lager en zou het gewas op warme dagen wel eens minder goed kunnen verdampen dan in een kas zonder verneveling. Om hierover echter een betrouwbare uitspraak te kunnen doen, zijn gerichte experimenten nodig waarbij naast IR-sensoren ook sapstroommetingen en fotosynthesemetingen uitgevoerd zouden moeten worden.

3.3.2 Conclusie.

Met name in de zomerperiode werden aanzienlijke verschillen in bladtemperatuur tussen individuele planten binnen een kas gemeten. Als in een kas slechts één plant wordt gemeten kan dit betekenen dat deze niet representatief is voor een gehele kas. Dat maakt het min of meer noodzakelijk om binnen een kas een aantal verschillende planten te meten en uit de verzamelde data een gemiddelde te berekenen. Verder maakt de plantmonitor ook kortdurende effecten snel zichtbaar, waardoor bij sterke veranderingen een teler geneigd zal zijn om te gaan ingrijpen. Het is vrijwel ondoenlijk en misschien zelfs wel onwenselijk om op dit soort kortstondige afwijkingen van de gemiddelde trend reeds te gaan ingrijpen. Het is voor te stellen dat dit nadelig kan zijn omdat dan voortdurend de eigen, natuurlijke elasticiteit van het gewas geweld kan worden aangedaan. Als vaststaat dat de invloed van dit soort kortdurende afwijkingen op groei en productie negatief is, kan overwogen worden om in te grijpen. Pas bij langere afwijkingen van een gemiddelde trend is ingrijpen echt gewenst, maar dan moet wel bekend zijn hoe de meest optimale gemiddelde trend precies verloopt. Sturing op basis van momentane metingen of eenmalige, korte meetperiodes lijkt niet zinvol.

3.4 Verschillen tussen kassen

3.4.1 Omgevingstemperatuur

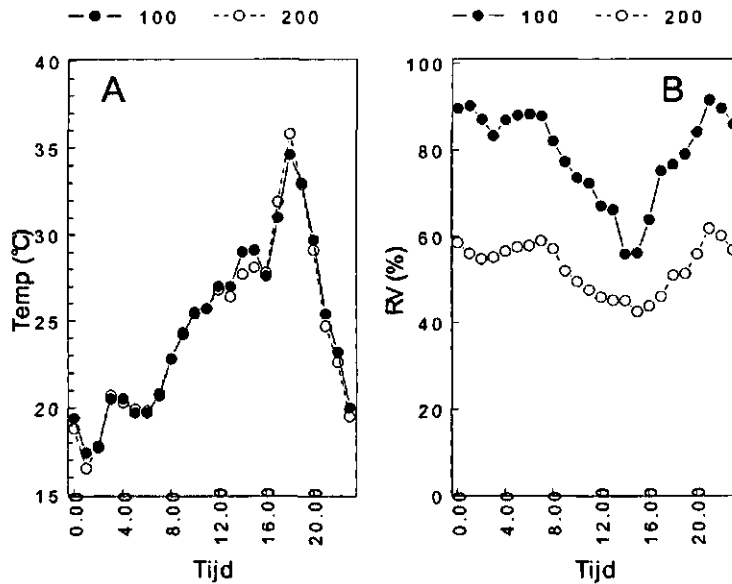
Tijdens warme dagen traden in de metingen met de Growlab-sensoren (figuur 2) tussen kas 100 en 200 overdag gemakkelijk verschillen van enkele graden op in de omgevingstemperatuur. Door de verneveling in kas 100 was dit ook min of meer verwacht. Uit de Growlab metingen viel op te maken dat op een hete dag als 12 augustus de gemiddelde omgevingstemperatuur 4-5°C lager bleef door de verneveling. Daarbij was er vooral een effect op de omgevingstemperatuur; de bladtemperaturen tussen vergelijkbare meetvakken van beide kassen verschilden veel minder. Hierdoor viel in augustus en september de ΔT in kas 200 hoger uit dan in kas 100, maar of dit ook werkelijk zo is, is niet duidelijk.

In de uurgemiddelden gemeten via de geijkte geventileerde meetboxen voor de klimaatcomputer waren de verschillen in temperatuur tussen kas 100 en 200 met en zonder verneveling namelijk niet terug te zien (figuur 3A), terwijl wel een duidelijk verschil in de RV gemeten werd (figuur 3B). Nadere vergelijking van de data van de geventileerde meetbox en de Growlab data lieten zien dat op warme dagen de sensoren vaak hogere waarden van de kastemperatuur gaven dan de geventileerde meetboxen van de PPO-klimaatcomputer die iets meer boven het gewas hingen dan de Growlab sensoren.

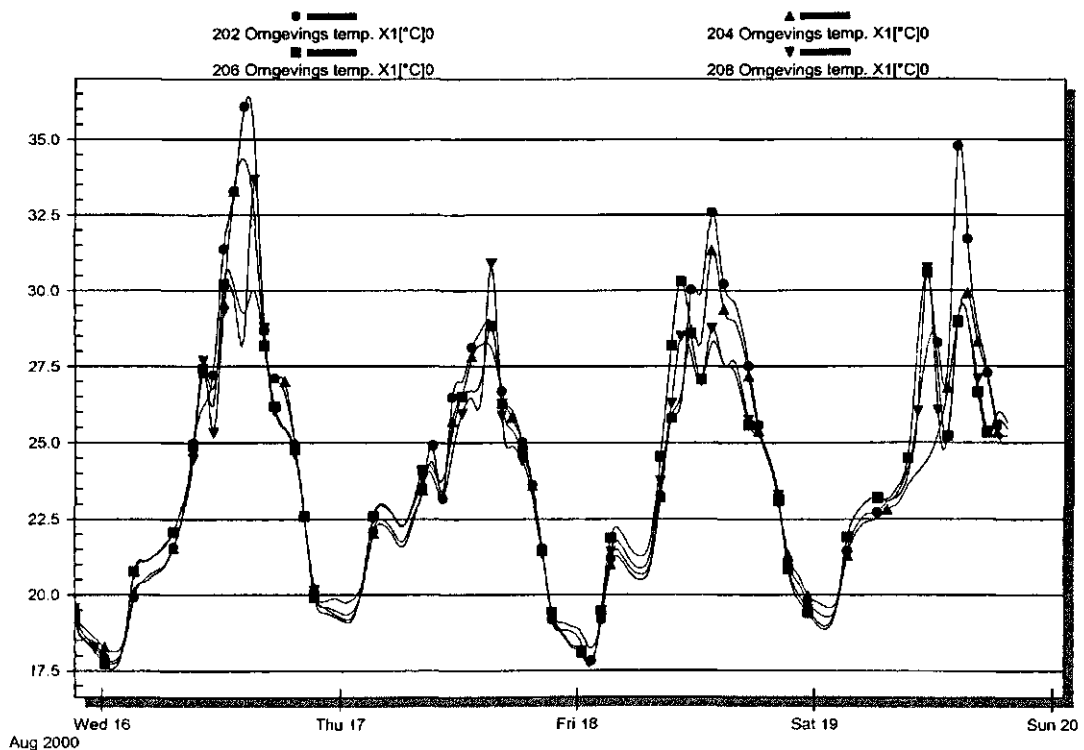
Daarbij was het niet zo dat steeds dezelfde sensor of meetvak hogere waarden gaf, maar wel dat de hoge omgevingstemperatuur min of meer correleerde met perioden van hoge stralingsniveaus zoals gemeten met de PPO weertoren.

Ons inziens waren de te hoge meetwaarden dan ook **niet** het gevolg van een meetfout van de sensor, maar eerder van het niet goed positioneren van de sensor in het gewas ten opzichte van de invallende straling. Hierdoor kon de behuizing van de chip, die de omgevingstemperatuurmeet, bloot komen te staan aan directe instraling, daardoor opwarmen en een te hoge temperatuur aangeven.

Zowel binnen een meetvak van een kas als tussen meetvakken van dezelfde kas bleken overdag op hete dagen soms verschillen van 4-5 graden (figuur 4) in de gemeten omgevingstemperatuur voor te kunnen komen, die waarschijnlijk ook het gevolg waren van het blootstaan van de sensor aan directe instraling.



Figuur 3: (A) Temperatuur en (B) RV (uurgemiddelden) op 12 augustus 2000 in kas 100 (met verneveling, dichte symbolen) en kas 200 (zonder verneveling, open symbolen), gemeten met geventileerde meetbox van klimaatcomputer.



Figuur 4: Omgevingstemperatuur (uurgemiddelde) gemeten met Growlab sensoren in kas 200 in meetvakken onder laag (sensoren 202, 204), resp. hoog (sensoren 206, 208) niveau assimilatielicht.

Een andere aanwijzing die deze verklaring ondersteunt is dat, naarmate het seizoen vorderde en de instraling in het jaar afnam, zowel tussen planten onderling als ook tussen vergelijkbare meetvakken van kassen de variatie steeds kleiner werd totdat vanaf medio november de temperatuurcurven van verschillende individuele sensoren vrijwel over elkaar heen vielen (figuur 2).

3.4.2 Conclusie

De sensoren waarmee bladtemperatuur en omgevingstemperatuur werden gemeten bleken dit over het algemeen zeer nauwkeurig te doen. Wel werd op enkele warme dagen een hogere temperatuur gemeten dan via de geventileerde meetboxen van de klimaatcomputer. Dit benadrukt nog eens het belang van het secuur positioneren van de sensor, het liefst op een plek in het gewas waar geen directe instraling is maar ook waar de sensor niet verstoord kan worden door bijvoorbeeld oogsten of gewasonderhoud, iets wat ook in de huidige proef regelmatig gebeurde. Dit geeft tegelijk aan dat men zich altijd bewust moet zijn van het gevaar dat gebruik van ieder gevoelig, geavanceerd meetinstrument met zich meebrengt. Hoe gevoeliger gemeten kan worden, hoe beter men ook versturende factoren kan waarnemen, zoals in ons geval opwarming van de sensor door schuine bevestiging en directe instraling.

Ook als de sensor dieper in het gewas bevestigd was en geen directe instraling ontving, werden op dagen met hoge instraling soms verschillen in omgevingstemperatuur van enkele graden tussen planten of meetvakken waargenomen, die niet volledig waren te verklaren. In perioden met lage instraling of als de assimilatiebelichting aan was, bleef de variatie over het algemeen laag of zeer beperkt.

3.5 Verschillen tussen hoog of laag niveau assimilatielicht

In principe kan met behulp van plantmonitoring de reactie van de plant op de hoeveelheid assimilatielicht gevolgd worden, zodat vastgesteld kan worden wanneer het geven van assimilatielicht het meest efficiënt is. Aan de hand van de temperatuur- en diktemetergegevens verzameld in de huidige proef is geprobeerd hierover inzicht te krijgen. Daarbij bleek dat deze twee datasets toch te beperkt waren om harde uitspraken te kunnen doen; wel leken er een aantal regelmatigheden te zijn.

3.5.1 Effecten algemeen

Tijdens de belichtingsperiode waren er geen duidelijke verschillen in bladtemperatuur tussen planten onder hoog of laag niveau assimilatielicht. Als er al verschillen optraden, waren deze meestal niet groter dan 0.5°C , waarbij soms de planten onder laag licht en soms de planten onder hoog licht de hoogste temperatuur hadden. Grotere verschillen in bladtemperatuur deden zich juist voor in de donkerperiode en in perioden overdag dat de lampen uit waren (buitenstraling $> 150 \text{ W/m}^2$).

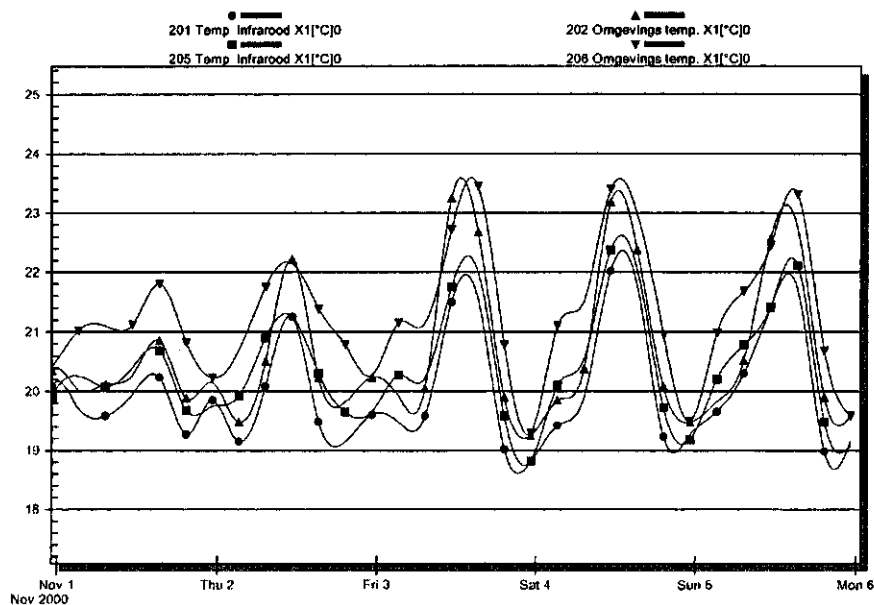
In de maanden augustus en september bleek ΔT tijdens de belichtingsperiode zeer gering en pas duidelijk te gaan toenemen na ca. 8.30 uur (zie figuur 1), wanneer het natuurlijke stralingsniveau hoger werd dan het niveau van de assimilatiebelichting. Overigens viel dit tijdstip in de zomer ook vaak samen met het verder openen van de luchtramen. Wel kwam hierdoor de vraag op in hoeverre het zinvol is om in de zomer 's nachts te belichten.

Grotere en duidelijker effecten werden verwacht in perioden dat de buitenstraling laag was en de lampen regelmatig continu brandden (vanaf medio oktober). Ook in die perioden waren onder hoog en laag lichtniveau de bladtemperaturen vrijwel gelijk en vertoonden een zelfde verloop. Het enige meetbare effect was eigenlijk dat onder hoog assimilatie niveau de omgevingstemperatuur consequent $1-1.5^{\circ}\text{C}$ hoger was (zie figuur 5). Hierdoor was de ΔT onder hoog lichtniveau ook groter wat in principe op een betere verdamping kan betekenen. Of dit ook werkelijk zo was kon in de huidige proefopzet niet vastgesteld worden. Uit de gegevens van de klimaatcomputer konden namelijk geen verschillen in omgevingstemperatuur en RV tussen de beide meetvakken vastgesteld worden.

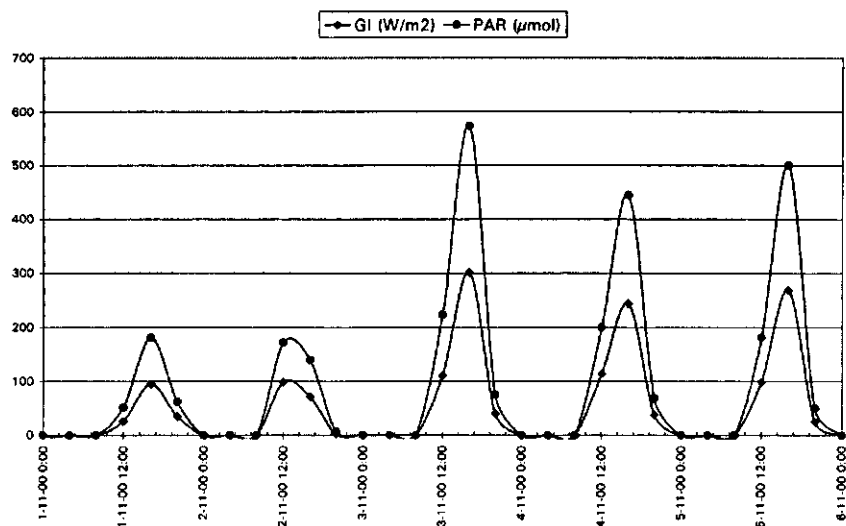
In deze periode kon het CO_2 niveau overdag goed gehandhaafd worden op 1400 ppm doordat er weinig gelucht hoefde te worden. Behalve het CO_2 niveau bleef hierdoor ook de RV in beide kassen hoog (in de periode eind oktober tot december gemiddeld ca. 85%). Het is uit de literatuur bekend dat bij iedere stijging van de CO_2 concentratie met 100 ppm, de huidmondjes ca. 3% sluiten. In combinatie met een hoge RV is het dan ook de vraag of de huidmondjes nog voldoende geopend zijn om te verdampen. Dit is verder niet onderzocht omdat hiervoor aanvullende metingen van verdamping en fotosynthese nodig zijn met andere typen sensoren.

Tijdens heldere dagen in november kwam duidelijk naar voren dat de effecten van de natuurlijke buitenstraling op de blad- en omgevingstemperatuur (en daarmee ΔT) nog altijd groter zijn dan die van

continu brandende assimilatiebelichting. Hierbij was te zien dat de omgevingstemperatuur en de ΔT groter werden naarmate de hoeveelheid buitenstraling hoger was (vergelijk figuur 5 en 6).



Figuur 5: Blad en omgevingstemperatuur (4-uurs gemiddelde) gemeten in meetvakken onder laag (sensoren 201, 202), respectievelijk hoog (sensoren 205, 206) niveau assimilatielicht.



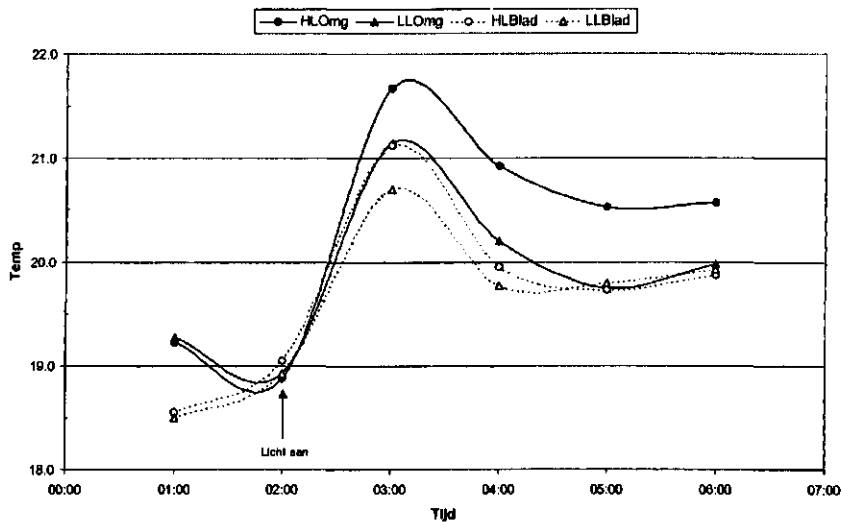
Figuur 6: Globale instraling (GI; in W/m^2) en PAR-straling (PAR; $\mu mol/m^2 \cdot s$) gemeten in meteotoren PPO. Beneden een instralingniveau van $150 W/m^2$ tussen 02:00 en 20:00 uur brandde de assimilatiebelichting.

3.5.2 In hoeverre is assimilatiebelichting in de nacht effectief?

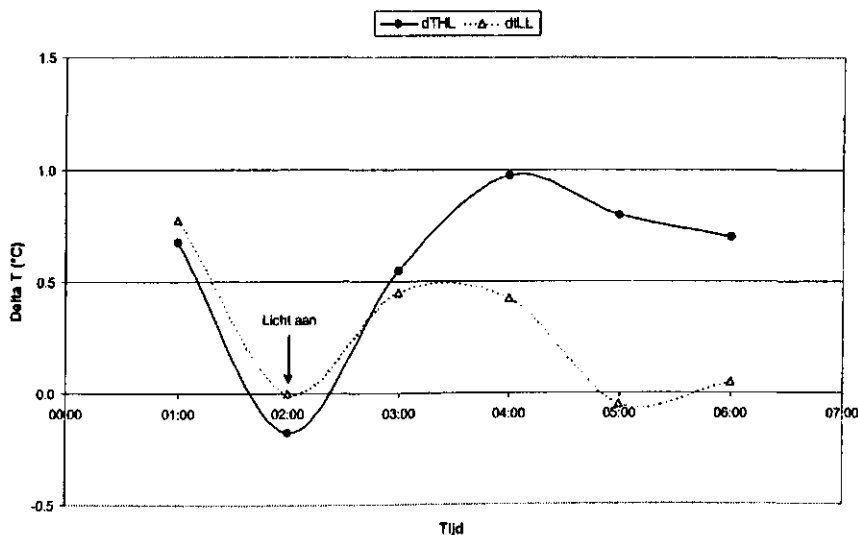
Zoals hiervoor gemeld zijn tussen de absolute waarden van bladtemperatuur onder hoog of laag assimilatielicht slechts kleine verschillen en zijn de verschillen in de omgevingstemperatuur groter. Daarom is het interessanter om te kijken hoe het zit met ΔT , die een maat vormt voor de verdampingsnelheid. Een grote ΔT is een aanwijzing dat de plant sterk aan het verdampen is. Een kleine ΔT geeft een lage verdamping weer; wanneer ΔT negatief wordt is de bladtemperatuur hoger dan de omgevingstemperatuur, mogelijk ten gevolge van het gesloten zijn van de huidmondjes. Dit kan tijdelijk watergebrek zijn, maar ook andere oorzaken hebben. Wanneer ΔT gedurende langere tijd (dagen) negatief blijft kan dit wel een indicatie zijn voor echte stress (zie paragraaf 3.6).

De metingen in de periode augustus tot medio oktober lieten zien dat de ΔT vooral gaat toenemen naarmate de kaslucht-temperatuur zelf hoger wordt, d.w.z. vooral vanaf het moment dat de buitenstraling boven de $150\text{-}200\text{ W/m}^2$ komt (tussen 8 en 9 uur 's morgens). Dit riep de vraag op in hoeverre in de zomer en vroege herfst assimilatiebelichting in de nacht werkelijk effectief is. Standaard werd in de proef tussen 02.00 uur en 20.00 uur belicht bij buitenniveaus beneden 150 W/m^2 . Tijdens de nachtelijke lichtperiode werd ook CO_2 gedoseerd en de eerste watergift werd gegeven 1 uur na aanvang van de assimilatiebelichting.

Na aangaan van de assimilatiebelichting (02:00 uur) was er steeds een snelle stijging van blad- en omgevingstemperatuur (figuur 7), waarbij rond 03:00 uur een maximum werd bereikt. In de uren daarna volgde een lichte daling. Vervolgens trad een stabilisatie op tot ca. 7:00 uur; afhankelijk van de tijd van het jaar en de daarmee samenhangende instralingniveaus konden daarna de waarden sterk stijgen (zie figuur 2 – augustus, september) of redelijk constant blijven (figuur 2 – november, december). Dit patroon was vrijwel steeds hetzelfde en onafhankelijk van de meetperiode, of dit nu augustus of november was. Wel verschilden de absolute waarden, maar de ΔT per meetvak was vrij constant. In alle gevallen was in de nachtperiode de gemiddelde ΔT onder HL groter dan onder LL (figuur 8, tabel 3).



Figuur 7: Verloop van blad- (open symbolen) en omgevingstemperatuur (dichte symbolen) gedurende de nacht. De data zijn de uurgemiddelden van 5, 6 en 7 oktober op de aangegeven tijdstippen.



Figuur 8: $\Delta T (T_{\text{omg}} - T_{\text{blad}})$ gedurende de nacht onder hoog (HL) en laag niveau (LL) assimilatielicht. De data zijn de gemiddelden van 5, 6 en 7 oktober op de aangegeven tijdstippen.

De grootste ΔT werd tussen 3:00 en 4:00 uur bereikt waarbij de absolute waarden onder vergelijkbare lichtomstandigheden in de periode augustus – december slechts licht verschilden (tabel 3). Gemiddeld bedroeg de ΔT op dit tijdstip 0.5-1.0°C. Dit was vaak maar een fractie van de ΔT die overdag op zonnige dagen in augustus en september gemeten werd (zie 3.5.1), wat suggereert dat in die periode onder assimilatielicht slechts een geringe verdampings optreedt.

Tabel 3: ΔT voor kas 100 + 200 van planten onder hoog (HL) en laag (LL) niveau assimilatielicht in week 37 (11-17 september) en week 45 (6-12 november) om 3.00 uur 's nachts (weekgemiddelde). De gemiddelde kasluchttemperatuur en RV werden gemeten met de geventileerde meetbox van de klimaatcomputer.

Weeknummer	HL	LL	Kaslucht (°C)	RV (%)
37	0.6	0.2	18.0	94.5
45	1.2	0.5	20.1	86.4

Opvallend genoeg is de ΔT in week 45 (november) onder beide lichtintensiteiten ongeveer 2x zo groot als in week 37 (september). Een reden hiervoor kán de hogere gemiddelde nachttemperatuur en iets lagere RV in november zijn. Het is voor te stellen dat door de hoge RV in september de verdamping slecht verloopt en pas goed op gang komt wanneer de luchting open gaat (vanaf ca. 9.00 uur).

Een andere mogelijkheid is, dat in week 37 (september), de biologische klok of het fotosyntheseapparaat van de plant geadapteerd is aan hoge daglichtintensiteiten en minder efficiënt reageert op de, in verhouding, relatief lage intensiteit van het assimilatielicht. In week 45 (november) is de daglichtintensiteit lager en het aan deze lagere lichtintensiteit geadapteerde blad springt dan juist efficiënter om met het beschikbare licht. Door het kleinere verschil tussen de intensiteit van buitenlicht en assimilatielicht in november, "voelt" de plant het assimilatielicht beter. Als dit inderdaad zo is, kan dit betekenen dat toepassing van assimilatielicht in de zomerperiode mogelijk niet meer standaard toegepast moet worden.

3.5.3 Conclusie

De Growlab sensoren bleken zeer gevoelig de blad- en omgevingtemperatuur te kunnen meten. Dit zou daarom een goed middel kunnen zijn om via de ΔT de invloed van bijbelichting op het gewas of in verschillende perioden van het jaar te meten. Gedurende de meetperiode van augustus tot december traden tijdens de nachtperiode (02:00-06:00) echter slechts geringe verschillen in ΔT op, zowel tussen kassen als binnen een kas tussen de meetvakken onder hoog (85 μmol) of laag (45 μmol) niveau assimilatielicht. Onder hoog assimilatielicht niveau was ΔT in het algemeen ongeveer twee keer groter dan onder laag lichtniveau, maar absolute waarden van ΔT (ca. 1°C) waren laag vergeleken met de waarden die overdag optraden, met name in augustus en september. Overdag bleek de ΔT de niveaus van de buitenstraling min of meer naadloos te volgen, zodat tijdens heldere, zonnige perioden ΔT overdag vele malen groter was dan onder assimilatiebelichting. Dit was niet alleen in augustus zo, maar ook nog in november. Hierdoor kan men de indruk krijgen dat onder assimilatielicht nauwelijks verdamping zou plaatsvinden, maar dit is uiteraard niet zo. Ook in november groeide het gewas goed, alleen was dit niet meetbaar via de ΔT . Groei is nu eenmaal een complex samenspel tussen temperatuur, licht, voeding, RV en CO₂ en om hierin inzicht te krijgen is doelgericht onderzoek met toepassing van aanvullende sapstroom- en fotosynthesemetingen nodig. Dit kan dan ook uitsluitsel geven over de vraag of het zinvol is in de zomerperiode 's nachts bij te belichten.

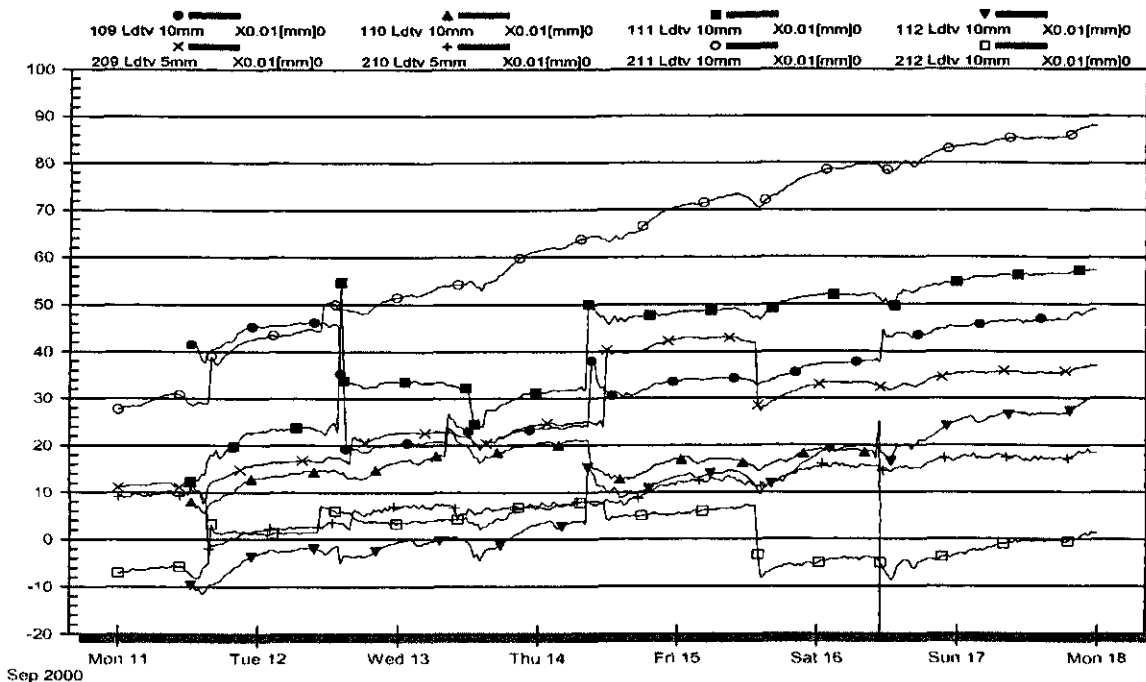
3.6 Stengeldikte metingen

De meting van diktegroei is uitgevoerd met gekalibreerde lvdt-sensoren die op een groeiende stengel bevestigd worden. De meting berust op het principe dat naarmate de stengel groeit of krimpt, de sensor meer of minder wordt ingedrukt. De mate van indrukken geeft een signaal in millivolt, dat omgerekend wordt naar mm groei. De gevoeligheid is zo hoog, dat de groei tot op 0.1 μm nauwkeurig kan worden gemeten.

In de proef werd iedere vijf minuten een meting uitgevoerd. Hierdoor kon het patroon van diktegroei zeer goed gevolgd worden. Daarnaast is een aanvullende proef gedaan (paragraaf 3.6.2) waarbij gekeken is wat er gebeurt als er droogtestress optrad.

3.6.1 Diktegroei onder normale omstandigheden

In figuur 9 wordt de diktegroei van 8 verschillende jonge scheuten getoond. Het beeld werd regelmatig verstoord door plotselinge pieken en dalen. Waarschijnlijk zijn dit mechanische verstoringen, doordat in het gewas gewerkt werd of doordat de tak verder groeit terwijl de lvdv op dezelfde positie gefixeerd blijft, waardoor plotselinge verschuivingen kunnen optreden. Dit is min of meer inherent aan de hoge gevoeligheid van de meting (0.1 μ M), waardoor een kleine verstoring versterkt wordt doorgegeven. Het gaat echter vooral om de trends op de langere termijn. Daarin is te zien dat gedurende deze week de scheuten een gelijkmatig groeipatroon vertoonden. Wel is duidelijk de variatie in groeisnelheid te zien. Scheut 109 en 211 starten ongeveer op een gelijk punt bij het begin van de meting, maar toch laat 211 een grotere toename in stengeldikte zien.



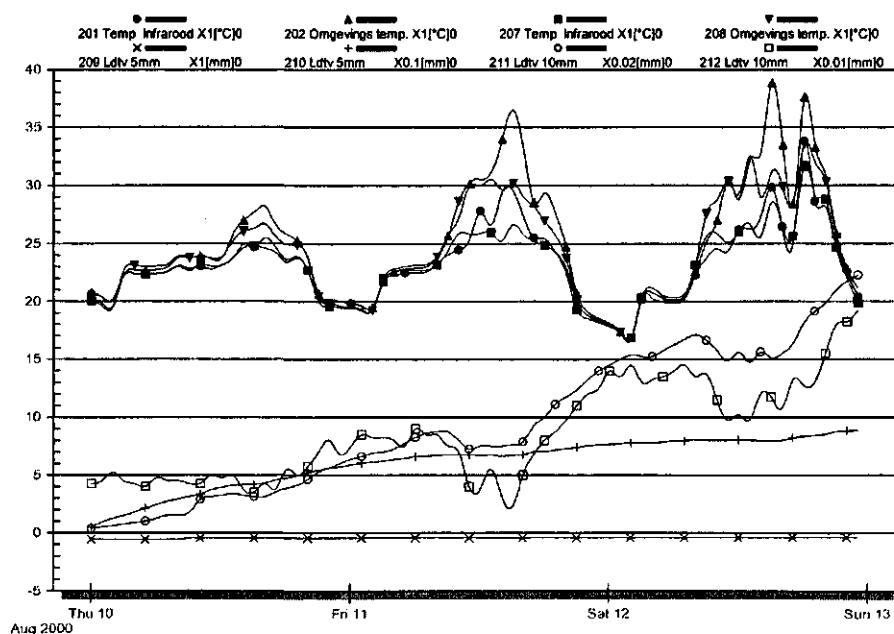
Figuur 9: Diktegroei van 8 verschillende scheuten (in 0.01 mm), onder hoog niveau [sensoren 109 (●), 110 (▲), 211 (○), 212 (□)] of laag niveau assimilatielicht [sensoren 111 (■), 112 (▼), 209 (×), 210 (+)].

Dit kan veroorzaakt worden doordat 211 zich nog volop in de exponentiële groeifase bevond en 109 het buigpunt al voorbij was en zich in een fase van afnemende groei bevond. Voor het goed kunnen meten van de diktegroei van het gewas is het dus belangrijk dat er steeds voldoende jonge scheuten beschikbaar zijn die zich ook in de juiste ontwikkelingsstadium bevinden, zodat steeds zoveel mogelijk dezelfde groeifase wordt gemeten. Te jonge scheuten zijn te zacht en beschadigen makkelijk, te oude scheuten tonen een langzamere groei. Doordat in deze proef gewerkt werd met een vaste meetopstelling en een beperkt aantal beschikbare meetplanten was het echter niet altijd mogelijk om de meest optimale scheut te meten. Dit is een situatie die in een normale productiekas minder speelt en inmiddels heeft de leverancier ook een flexibeler meetopstelling ontwikkeld.

Voorts was bij alle meetcurven te zien dat zich midden op de dag vaak een dip in de groeicurve voordeed: een korte periode van negatieve groei die enkele uren later was hersteld, waarna de trend van de groei weer vervolgd werd. Het kan hier gaan om een natuurlijk inwendig ritme, maar het is ook mogelijk dat dit het gevolg is van uitwendige oorzaken.

Bij uitvergroting van zo'n periode bleek deze steeds samen te vallen met de sterke toename van de kas- en bladtemperatuur. In figuur 10 is hiervan een voorbeeld gegeven. Blijkbaar wordt bij het goed op gang komen van de verdamping en fotosynthese in de morgen zoveel water aan de plant onttrokken dat dit niet via opname en transport aangevuld kon worden, ondanks dat voldoende watergiften plaatsvonden. Het gevolg hiervan is dat de stengel in feite gaat krimpen. Pas als later in de middag de verdamping minder was geworden, trad herstel op en nam de diktegroei weer toe. In het gegeven voorbeeld bleek de toename in de

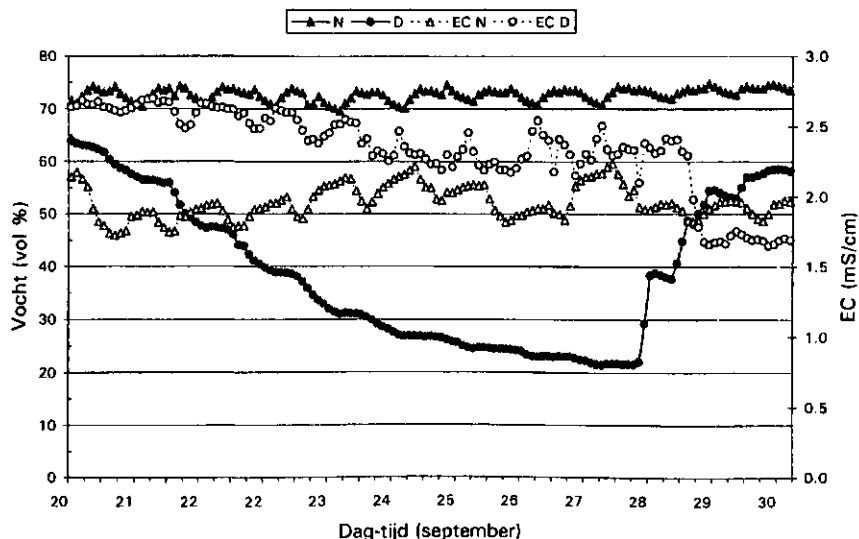
middag zelfs groter te zijn dan in de periode vanaf middernacht, maar in hoeverre dit altijd geldt kon niet bepaald worden. Wel waren er duidelijk verschillen in de omvang van de krimp tussen de verschillende gemeten scheuten (figuur 10). Dit kan een gevolg zijn van het feit dat de gemeten scheuten niet alle in de gelijke (exponentiële) groeifase waren. Ook is het voor te stellen dat een verschillende mate van verhouting een rol kan spelen: bij een sterke verhouting kan op puur mechanische gronden er minder krimp optreden. Dit is echter puur theoretisch en kan niet onderbouwd worden met metingen.



Figuur 10: Blad- en omgevingstemperatuur (in °C, dichte symbolen) en diktegroei (open symbolen) bij normale groeiomstandigheden.

3.6.2 Meting diktegroei bij geïnduceerde droogtestress

Droogtestress werd opgewekt door bij een individuele plant de druppelaars te verwijderen; als controle diende een plant die normaal water kreeg. Op 19 september werd bij een plant de druppelaar uitgetrokken. Gedurende bijna twee weken werd vervolgens de groei van een bloemscheut gevolgd. Met FD-sensoren werd de mate van uitdroging gevolgd en de EC in de pot gemeten (figuur 11).

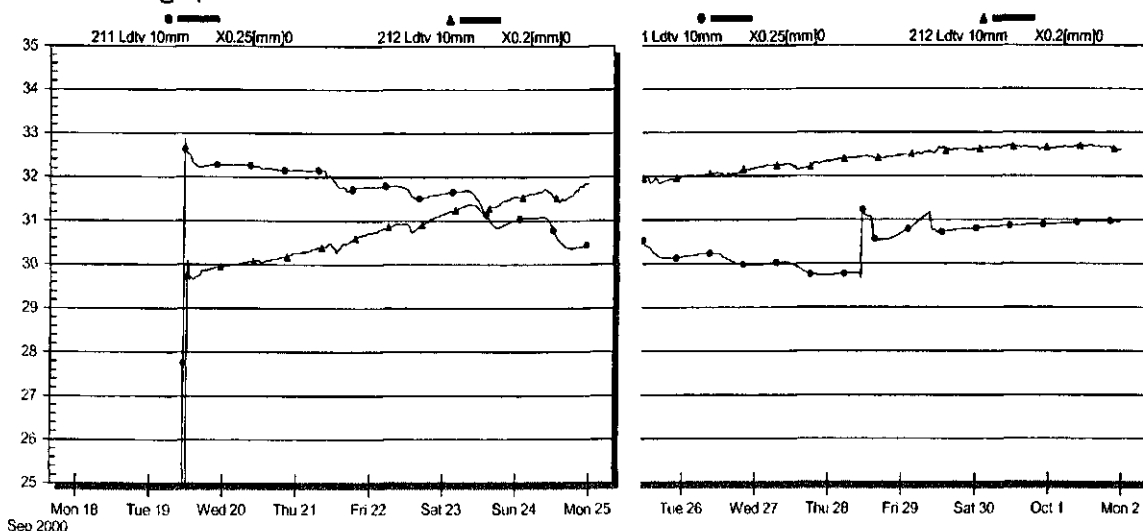


Figuur 11: Vochtgehalte (dichte symbolen) en EC (open symbolen) met behulp van FD-sensoren bij normale watergift (N) en uitdroging (D).

Gelijktijdig werd via sensoren van het Growlab systeem de blad- en omgevingstemperatuur en de diktegroei geregistreerd.

Uit de FD-metingen bleek dat een dag na droogzetten het vochtgehalte in de pot met 5% gedaald was ten opzichte van de controle (figuur 11). In de daaropvolgende vier dagen vond vervolgens een sterke, trapsgewijze daling plaats, daarna vlakke de curve af tot na circa acht dagen een vochtgehalte van 22% was bereikt. Bij de controle die normaal water kreeg bleef gedurende de proefperiode het vochtgehalte goed op peil en daalde niet onder de 70%. Na herstel van de watergift op 28 september 12.00 uur, vond vervolgens weer een snelle stijging van het vochtgehalte plaats. Het niveau van 70% werd echter niet meer bereikt in de proefperiode. De EC bij aanvang van de droogtebehandeling lag rond de 2.6 (figuur 11). Bij indroging van de pot daalde de EC geleidelijk, blijkbaar doordat de plant, samen met het resterende vocht, gewoon doorgaat met opname van nutriënten. Na herstel van de watergift was er wel een snelle afname van de EC in de droogtestress plant waarneembaar, teken van een snelle opname mogelijk in combinatie met verdunning door het toenemende vochtgehalte in de pot.

Wanneer de resultaten van de diktemeting met de ldtv sensoren nader bekeken worden (figuur 12), zijn soortgelijke patronen te onderscheiden. Bij de controleplant (figuur 12, sensor 212) vond van het begin tot het einde van de proefperiode een regelmatige diktegroei plaats, met soms een lichte depressie midden op de dag. Deze herstelde echter altijd weer in de loop van de dag en nacht. Bij de uitdrogende plant gebeurde aanvankelijk in de eerste twee dagen weinig. Daarna nam elke dag de stengeldikte schoksgewijs af zonder dat er daarna herstel optrad: er trad dus krimp op. Deze krimp trad vooral tijdens het warmste c.q. lichtste deel van de dag op.

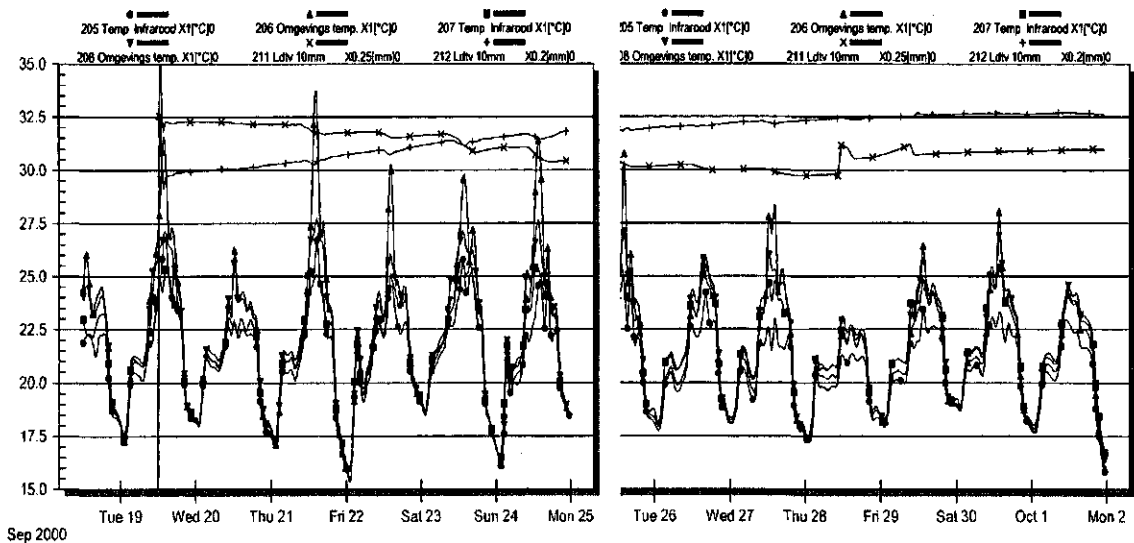


Figuur 12: Stengeldikte van plant met normale watergift (sensor 212) en bij uitdrogende plant (sensor 211). Uitdroogbehandeling startte op 19 september 11.00 uur en eindigde 28 september 12.00 uur.

Dit is normaal gesproken het moment dat de plant het hardst aan het verdampen is om de bladtemperatuur op het gewenste niveau te houden, zodat het fotosyntheseproces zo efficiënt mogelijk kan blijven verlopen. In het verloop van de bladtemperatuur is dit ook te zien (figuur 13). In de controleplant die normaal water kreeg (sensor 205/206) is te zien dat gedurende de gehele periode bij stijging van de temperatuur een aanzienlijke ΔT ontstond, wat een indicatie is dat op dat moment sterke verdamping plaats had. In de proefplant was te zien (figuur 13, sensoren 207/208), dat gedurende de eerste dagen na droogzetten ΔT weliswaar lager was dan bij de controleplant, maar nog wel aanwezig was. Echter, vanaf het moment dat de schoksgewijze krimp van de stengel inzette (vanaf 23 september), was ook waar te nemen ΔT sterk ging afnemen. Dit patroon was ook te zien in de daaropvolgende dagen, wat een sterke aanwijzing is dat er een sterk gereduceerde verdamping was. Op grond van de meting met de FD-sensoren was op dat moment het vochtgehalte in de pot dan al tot ca. 40% gedaald (figuur 11), wat aangeeft dat de indroging behoorlijk moet zijn voortgeschreden voordat hiervan via diktemeting en temperatuurmeting meetbare signalen te zien waren. Op het moment dat de droogtestress duidelijk zichtbaar was in de ΔT , was dit eigenlijk ook al visueel aan de plant waar te nemen (slappe top, slap aanvoelend blad).

Op 28 september werd de watergift hersteld om te zien of herstel nog mogelijk was en in hoeverre het

mogelijk was dit te meten. De herstelde watergift was vrijwel onmiddellijk terug te zien in de metingen met de FD-sensoren (figuur 11) en met enige vertraging in de diktemetingen (figuur 12). Tijdens de meetperiode bleek geen herstel tot de oorspronkelijke niveaus op te treden. Daarentegen was bij de temperatuurmetingen in de dagen volgend op het herstel van de watergift niet direct een hogere ΔT te zien, hoewel de plant wel weer turgescerent was geworden. Blijkbaar heeft herstel van het verdampingsritme meer tijd nodig.



Figuur 13: Blad- en omgevingstemperatuur van plant met normale watergift (sensoren 205/206,) en bij uitdrogende plant (sensoren 207/208) van figuur 12.

3.6.3 Conclusies

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat met behulp van lvd-tensoren de diktegroei van een scheut goed te volgen is. Beter is het wellicht te zeggen dat het té goed mogelijk is: de sensoren zijn zo gevoelig dat een kleine mechanische verstoring een forse uitslag kan veroorzaken. Soms herstelt de curve zich dan tot het oude niveau, soms blijft er een sprong aanwezig. Dit laatste maakt eventuele automatische interpolatie lastig, waardoor (nog) niet goed in te zien is hoe momentane diktemetingen gebruikt zouden kunnen worden om de groei van een gewas continue te blijven sturen. Ook het feit dat er tussen individuele takken verschillen bestaan in groeisnelheid maakt dit er niet eenvoudiger op.

Ook (geforceerde) uitdroging was te volgen met diktemeting. Echter, dit bleek het best meetbaar vanaf het moment dat het substraat al sterk ingedroogd was. Dit brengt het gevaar met zich mee, dat de uitdroging van het substraat (en de plant) dan mogelijk niet meer omkeerbaar is. Meting met een vochtsensor (in ons geval een FD-sensor) gaf een snellere indicatie van uitdroging te zien dan de plantreactie. Daarom heeft meting met een vochtsensor al dan niet in combinatie met een diktemeting onze voorkeur boven alleen meten met een diktemeter. Met een vochtsensor kan namelijk een waarschuwingslimiet worden ingesteld als een soort kritische ondergrens, maar het is niet duidelijk wat de kritische grens in diktegroei is. Daarnaast was er geen meerwaarde van diktemeting boven het visueel kunnen waarnemen van droogtestress.

4 Samenvatting en aanbevelingen

Gedurende een aantal maanden zijn stengeldiktegroei- en temperatuurmetingen (blad en omgeving) uitgevoerd in een producerend rozengewas. Het gebruikte Growlab systeem bleek een robuust systeem, waarbij weinig storingen optraden. De sensoren waarmee bladtemperatuur en omgevingstemperatuur werden gemeten bleken dit zeer nauwkeurig te doen. Wel werd op enkele warme dagen een hogere temperatuur gemeten dan via de geventileerde meetboxen van de klimaatcomputer. Voor de betrouwbaarheid is het dus van belang dat aandacht wordt besteed aan het secuur positioneren van de sensor. Het liefst op een plek in het gewas waar geen directe instraling is, maar ook waar de sensor niet verstoord kan worden door oogsten of gewasonderhoud, iets wat in de huidige proef regelmatig gebeurde. Met name de sensoren voor diktemeting bleken gevoelig; een kleine mechanische verstoring kon een forse uitslag veroorzaken, die niet altijd terug ging naar het basisniveau. Dit maakt eventuele automatische interpretatie lastig, waardoor momentane diktemetingen (nog) niet goed gebruikt kunnen worden om de groei van een gewas continue te blijven sturen. Ook het feit dat er binnen een gewas verschillen bestaan in groeisnelheid tussen individuele takken, bemoeilijkt dit. Inmiddels is het systeem van diktemeting aangepast. Wel geeft dit aan dat men zich altijd bewust moet zijn van het gevaar dat gebruik van *alle* gevoelige meetinstrumenten met zich meebrengt. Hoe gevoeliger gemeten kan worden, hoe beter men ook versturende factoren kan waarnemen.

Op grond van de waarnemingen kan geconcludeerd worden dat de op een bepaald moment gemeten blad- en omgevingstemperatuur representatief is voor de temperatuur van de gehele plant. Echter, met name in de zomerperiode werden binnen één kas tussen individuele planten behoorlijke verschillen in bladtemperatuur gemeten. Dit betekent dat het meten van één plant per kas niet representatief is voor een gehele kas, wat het noodzakelijk maakt om binnen een kas een aantal verschillende planten te meten en uit de verzamelde data een gemiddelde te berekenen. Een andere mogelijkheid is een zodanig teeltsysteem te gebruiken dat er slechts kleine verschillen in ontwikkelingsstadium tussen individuele takken aanwezig is (synchroon telen, faseafhankelijk telen of op snee).

Met plantmonitoring worden ook kleine, kortdurende effecten zichtbaar gemaakt, waardoor bij een 'grote' uitslag een teler geneigd zal zijn om te gaan ingrijpen. Door de gevoeligheid van de metingen lijkt een verandering echter vaak groter dan hij in werkelijkheid is. Ter illustratie: in de uitdrogingsproef (§ 3.6.2) bleek de meetstengel in 8 dagen te krimpen van 8.1 mm naar 7.4 mm, een afname van circa 8.5%. In een onder normale omstandigheden exponentieel groeiende tak (§ 3.6.1) werden op lichte, warme dagen tussen 0.00 uur en 14.00 uur krimppercentages van 4.5-5% waargenomen, die in de namiddag en nacht weer volledig herstelden en de algehele groeicurve niet beïnvloedden. Waar ligt dan de absolute grens waarbij wel of niet moet worden ingegrepen?

Het is vrijwel ondoenlijk en mogelijk zelfs onwenselijk om op basis van dit soort korte afwijkingen van de gemiddelde trend te gaan ingrijpen. Door steeds bij te sturen kan de eigen, natuurlijke elasticiteit van het gewas geweld worden aangedaan, waardoor juist groeivertraging kan optreden. Pas als vaststaat dat deze kortdurende afwijkingen negatief werken op groei en productie, kan overwogen worden om in te grijpen. Pas bij langere afwijkingen van een gemiddelde trend is ingrijpen echt gewenst, maar dan moet wel bekend zijn hoe de meest optimale gemiddelde trend precies verloopt. Sturing op basis van momentane metingen of eenmalige, korte meetperiodes lijkt op dit moment daarom niet haalbaar en zinvol.

Een soortgelijk verhaal gaat op voor het verschil tussen de blad- en omgevingstemperatuur (ΔT) als indicatie voor de verdampingsactiviteit en daarmee voor het mogelijk gebruik als stuurparameter. Gedurende de meetperiode van augustus tot december traden onder verschillende niveaus assimilatielicht tijdens de nachtperiode slechts geringe verschillen in ΔT op, zowel tussen kassen als tussen de meetvakken binnen een kas. De absolute waarden van ΔT waren laag vergeleken met de waarden die overdag optraden, met name in augustus en september. Overdag bleek de ΔT de niveaus van de buitenstraling min of meer naadloos te volgen, zowel tijdens heldere, zonnige dagen in augustus, alsook nog in november. Hierdoor zou men de indruk krijgen dat onder assimilatielicht nauwelijks verdamping zou plaatsvinden, maar dit was

niet zo. Ook in november groeide het gewas goed, alleen was dit niet meetbaar via de ΔT . Groei is nu eenmaal een complex samenspel tussen temperatuur, licht, voeding, RV en CO_2 . Beter zou het daarom zijn om een combinatie van ΔT met sapstroom- en fotosynthesemetingen uit te voeren, omdat men hiermee meer inzicht krijgt over de verdampingsactiviteit.

Gesteld kan worden dat via de techniek van plantmonitoring het mogelijk is binnen een groeiend gewas continu verschillende parameters te meten, die een weerspiegeling kunnen zijn van de planttoestand. Van diverse kanten is geclaimd dat op basis van veranderingen in zo'n meetparameter teeltsturing mogelijk is. Op dit moment zetten wij daar echter nog grote vraagtekens bij.

De gemeten parameters zijn altijd de resultante van een aantal teelfactoren. Wil betrouwbare én nauwkeurige teeltsturing mogelijk kunnen zijn, dan zal men:

- exact moeten weten welke factor de waargenomen verandering heeft veroorzaakt omdat anders wellicht met de verkeerde factor bijgestuurd gaat worden.
- exact moeten weten wat de optimale waarde of het optimale groeipatroon is dat bij de op dat moment heersende omstandigheden hoort.

Dit vereist zeer veel kennis omtrent de bijdrage van de diverse factoren aan elke meetparameter. Op dit moment ontbreekt deze nog, maar via experimenteel onderzoek kan wel meer inzicht worden verkregen in de verbanden.

In de praktijk van de plantmonitoring wordt daarom vaak uitgegaan van trends in de waargenomen parameters. Voor de trends geldt echter hetzelfde als bij de afzonderlijke teelfactoren; ook hier moet bekend zijn welke factoren de trends beïnvloeden, wat de optimale trend is en wanneer bijgestuurd moet worden. Daarnaast is een trend geen resultante van de meting op het huidige tijdstip maar resultaat van de periode daarvoor, wat kennis omtrent de invloed van de stuurfactoren nog noodzakelijker maakt. Heel belangrijk daarbij zijn de volgende vragen:

- hoe wordt onderscheid gemaakt tussen 'normale' fluctuaties (vaak kortdurend) en 'abnormale' veranderingen (langdurige afwijkingen van een normale groeitrend)?
- wat betekent een verandering in de gemeten parameter precies, moet men hierop reageren door aanpassing van klimaatinstellingen of vertrouwt men op de natuurlijke elasticiteit van de plant?

De beantwoording van deze vragen was niet het doel van deze proef. Voor de metingen zijn de sensoren tijdelijk ingezet in een lopende proef, waarna bij het analyseren van de datasets de volgende vragen centraal stonden:

- wat wordt gemeten en hoe betrouwbaar zijn de metingen,
- hoe groot is de variatie tussen planten binnen een behandeling,
- hoe groot is de variatie tussen behandelingen binnen een kas en tussen kassen?

Bij het optreden van variatie is niet geprobeerd te achterhalen of de waargenomen variatie veroorzaakt werd door tijdelijke factoren of werkelijk een groeifwijking betekende. Geprobeerd is tot een evenwichtig oordeel te komen of het zinvol is op korte termijn gewasmonitoren in te zetten en te gebruiken als hulpmiddel om een teelt te sturen.

Op dit moment is ons inziens plantmonitoring nog niet geschikt voor momentane teeltsturing, daar (nog) niet duidelijk is in hoeverre de veranderingen in de momentane meetdata gecorreleerd zijn met lange termijn afwijkingen van de groei of slechts een indicatie voor tijdelijke vertraging zijn. Interpretatie van de meetdata kan op verschillende manieren en dat maakt het moeilijk te bepalen welke maatregelen genomen moeten worden. Daarbij moeten de ervaring en het gezond verstand van de teler op dit moment nog zwaarder wegen dan de gemeten data. Het toepassen van bepaalde trends is slechts een gedeeltelijke oplossing, daar deze trends ook afhankelijk zijn van bedrijfssituatie, seizoen en mogelijk ook ras.

Wel biedt plantmonitoring de mogelijkheid een enorme hoeveelheid meetgegevens van een gewas te verzamelen, waardoor een goed inzicht kan worden verkregen van het gedrag van het gewas op een bedrijf over langere termijn. Aan de hand hiervan en met aanvullende registratie van groei- en ontwikkelingsdata dienen dan nadere analyses plaats te vinden, bijvoorbeeld met behulp van zelflerende computers (neurale netwerken), die wel kunnen leiden tot identificatie van de betrouwbare correlaties tussen meetparameter en teelfactoren. Dit vergt echter nog een aanzienlijke investering in onderzoek en ontwikkeling.