



Toetsing Growlab.

Onderzoek plantmonitoring op praktische bruikbaarheid en toepassing bij een paprika en komkommer teelt.

Rein de Graaf en Martijn Roos

© 2003 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. GT13088

Dit is een vertrouwelijk document, uitsluitend bedoeld voor intern gebruik binnen PPO dan wel met toestemming door derden. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermenigvuldigd of verspreid voor extern gebruik.

Projectnummer: 41604816

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, Naaldwijk
: Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. : 0174 - 636700
Fax : 0174 - 636835
E-mail : infoglastuinbouw.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

	Pagina
1	Inleiding.....4
2	Doel van het onderzoek..... 4
3	Werkwijze..... 4
4	Resultaten..... 7
4.1	Totale daggegevens..... 7
4.1.1	Meting omgevingstemperatuur en bladtemperatuur (periode 1).....7
4.1.2	Meting RV, licht, sapstroom en CO2 (periode 1)..... 9
4.1.3	Meting omgevingstemperatuur en bladtemperatuur (periode 2)..... 10
4.1.4	Meting RV, licht en CO2 (periode 2).....12
4.2	Daggegevens over korte perioden..... 15
4.2.1	Vergelijking bij 10000 lux..... 15
4.2.2	Vergelijking bij 15000 lux..... 16
4.3	De overige metingen.....18
4.3.1	Sapstroommeting.....18
4.3.2	Stengeldiktemeting.....18
4.3.3	Vruchtdiametermeting..... 18
4.3.4	Tensiometermeting..... 18
4.3.5	Berekening van de gewasverdamping..... 19
4.3.6	Vergelijking PPO-lichtmeting met Growlab-lichtmeting.....19
5	Conclusies en discussie..... 20
6	Bijlagen..... 23

1. Inleiding

In de praktijk bestaat een groeiende belangstelling voor wat genoemd wordt “plantmonitoring”. Plantmonitoring is een toepassing van verschillende meetsensoren geconcentreerd op één bepaalde plaats in een kas of kasafdeling. Veelal worden alle sensoren aan of direct bij een plant geïnstalleerd. Uit de onderlinge gegevens, maar meer nog uit de combinatie van metingen, kunnen dan conclusies worden getrokken. Een steeds terug komende vraag is in hoeverre absolute gegevens gebruikt kunnen worden voor interpretatie en regeling van een meer optimale klimaatregeling en gewasgroei of dat een bepaalde trend maatgevend is. Bij metingen op een bepaalde plaats/plant is het al of niet representatief zijn van essentieel belang. Binnen een kas kunnen relatief grote klimaatverschillen en gewasverschillen voorkomen, waardoor metingen op één plaats zeer betrekkelijk kunnen zijn.

Op verzoek van PT werden plantmonitoring-sensoren van de firma Growlab in een paprikateelt en komkommerteelt getoetst en voor zover mogelijk vergeleken met reeds aanwezige metingen van het klimaat en gewas.

2. Doel van het onderzoek

Het belangrijkste doel van het onderzoek was nagaan in hoeverre afzonderlijke sensoren gebruikt voor plantmonitoring praktisch bruikbare gegevens opleveren. Een bijkomend doel was of uit combinatie van sensoren bruikbare conclusies kunnen worden getrokken en of plantmonitoring, op een representatief gekozen plaats, toepasbare informatie geeft.

Een belangrijk punt van aandacht was om na te gaan of, met betrouwbaar werkende sensoren, de regeling van kasklimaat en/of gewasgroei via een klimaatcomputer beter kan worden ingesteld, worden geregeld of worden aangevuld.

Een punt van aandacht was ook of een opstelling, al of niet met een zo groot mogelijke diversiteit aan sensoren of een klein aantal goed functionerende sensoren, op meerdere plaatsen in een kas tot betere resultaten leidt.

3. Werkwijze

In een twee kasafdelingen van PPO-Naaldwijk (kas 306) werd in elk een complete meetopstelling van Growlab geïnstalleerd. Het betrof kasafdelingen waar onderzoek plaats vond naar de invloed van aanvullende belichting op groei en productie van paprika en komkommer. De meetopstelling heeft gedurende de periode 28 november 2002 tot en met eind februari in de kas gestaan. Van deze periode werden 14 dagen geanalyseerd. Buiten genoemde 14 dagen werden voor een aantal sensoren ook andere dagen nader geanalyseerd.

In genoemde afdelingen bevinden zich zogenaamde weeggoten. Met deze weeggoten kan vrij nauwkeurig de waterhuishouding en gewasgroei worden gemeten. (Weeggoten werden en worden speciaal gebruikt om de effecten van aanvullende belichting op de waterhuishouding en de gewasgroei te meten).

In de kasafdelingen bevinden zich tevens infrarood camera's van de firma Brinkman (verder PPO-meting bladtemperatuur genoemd), waarmee over een oppervlakte van circa 4 m² de bladtemperatuur van het bovenste deel van een gewas kan worden gemeten. Met de weeggoten werden gegevens verzameld over gift, drain, waterverbruik, gewasverdamping, matgewicht en gewasgroei. Een aantal van deze gegevens kan worden vergeleken met gegevens geregistreerd met de Growlab-opstelling. Het gaat dan met name om gewasverdamping, watergehalte mat en gewasgroei. De Growlab-bladtemperatuurmetingen kunnen worden vergeleken met de PPO-bladtemperatuurmeting.

De Growlab opstelling bestond uit de volgende sensoren die op of direct bij één plant op een zo goed mogelijk gekozen plaats in het gewas aan de plant/vrucht of aan een statief waren bevestigd:

*	lichtmeter boven het gewas	Licor pyranometer LI190	Watt /m ² PAR
*	lichtmeting tussen het gewas	idem	Watt/ m ² PAR
*	bladtemperatuurmeter kop van het gewas	Heitronics camera KTX99	graden C
*	bladtemperatuurmeter onder in het gewas	idem KTX	graden C
*	ruimte temperatuurmeting	Vaisala HMM211	graden C
*	CO2-meter	Vaisala Sensor GMM222	ppm
*	stengeldiktemeter	Solartron LDTV 10mm	mm
*	vruchtdiktemeter	idem	mm
*	sapstroommeter	Cynamax SGA 10	-
*	tensiometer	Tensio techniek	cm waterkolom
*	mattemperatuurmeter	PT1000 1/3bdin (o.1c)	graden C

Het doel van een groot aantal metingen ter plekke van een plant is om uit de gegevens van de meetsensoren een beeld te krijgen en weer te geven van wat er onder bepaalde omstandigheden op korte en langere termijn met een plant gebeurt cq. verandert. In de tabellen 1a, 1b, 2a en 2b wordt een overzicht gegeven waar in, aan of bij de plant de diverse sensoren waren aangebracht.

Tabel 1a en 1b geeft de opstelling weer zoals deze is geïnstalleerd door Growlab zelf. In de tabellen 2a en 2b de opstelling van de sensoren na de noodzakelijke gebleken aanpassingen door PPO-Naaldwijk.

Hoogte cm	Plaats sensoren in /aan gewas	Sensor nummer
260		
240		
220	230 lichtmeter gewas 15-20 cm boven kop van de plant	nr. 10
200		
180		
160		
140	150 bladtemp. meter	nr. 9
120		
100	112 lichtmeter tussen gewas	nr. 8
80	86 sapstroommeter	nr. 7
60	72 stengeldiktemeter, 67 vruchtdiktemeter, 60 ruimte temp. en CO2-meter	nr. 3, 4, 5, 6
40		
20		
0	5 tensiometer, mattemperatuurmeter in substraat	nr. 1, 2

tabel 1a Opstelling meetsensoren paprika afdeling 4 (28 november tot en met 6 januari 2003)

Hoogte cm	Plaats sensoren in /aan gewas	Sensor nummer
260		
240		
220	230 lichtmeter gewas 15-20 cm boven de kop van de plant	nr. 10
200		
180		
160	160 vruchtdiktemeter, 150 lichtmeter tussen gewas,	nr. 8, 9
140	145 bladtemp. meter	nr. 7
120		
100	118 stengeldiktemeter, 110 sabstroommeter	nr. 5, 6
80		
60	70 ruimtetemperatuurmeter, CO2-meter	nr. 3, 4
40		
20		
0	5 tensiometer, mattemperatuurmeter in substraat	nr. 1, 2

tabel 1b Opstelling meetsensoren komkommer afdeling 6 (28 november 2002 tot en met 6 januari 2003)

Hoogte cm	Plaats sensoren in /aan gewas	Sensor nummer
260		
240		
220	230 lichtmeter gewas 15-20 cm boven de kop van de plant	nr. 10
200		
180		
160		nr. 8, 9
140	150 bladtemp. meter	nr. 7
120		
100	115 lichtmeter tussen gewas	nr. 5, 6
80	85 sabstroommeter	
60	60 ruimtetemp.meter, 60 CO2-meter, 70 stengeldiktemeter, 65 vruchtdiktemeter	nr. 3, 4
40		
20		
0	5 tensiometer, mattemperatuurmeter in substraat	nr. 1, 2

tabel 2a Opstelling meetsensoren paprika afdeling 4 (6 januari tot en met eind februari 2003)

Hoogte cm	Plaats sensoren in /aan gewas	Sensor nummer
260		
240		
220	225 lichtmeter gewas 15-20 cm boven de kop van de plant	nr. 10
200		
180		
160	160 vruchtdiktemeter	nr. 8, 9
140	150 lichtmeter tussen gewas, 150 bladtemp. meter	nr. 7
120		
100	115 stengeldiktemeter, 110 sapstroommeter	nr. 5, 6
80		
60	70 ruimtetemp. meter, 70 CO2-meter	nr. 3, 4
40		
20		
0	5 tensiometer, mattemperatuurmeter in substraat	nr. 1, 2

tabel 2b Opstelling meetsensoren komkommer afdeling 6 (6 januari tot en met eind februari 2003)

De meetopstellingen heeft gedurende de maanden december 2002 en januari 2003 in de kas afdelingen opgesteld gestaan. Gedurende deze periode werd de plaats van sommige sensoren noodzakelijker wijze opnieuw aangepast. Het betrof met name metingen van de vruchtdikte. Ook werden bepaalde sensoren die niet optimaal bleken te werken vervangen en/of aangepast. Volgens afspraak werden meetgegevens over 14 dagen uitgewerkt en nader geanalyseerd. Het ging om de periode 2 december 2002 tot en met 9 december 2002 en de periode 8 januari 2003 tot en met 12 januari 2003.

Voor een aantal sensoren werden totale (gemiddelde) dagcijfers berekend en zijn bepaalde dagen nader uitgewerkt over 5 minuut perioden. De per 5 minuten uitgewerkte gegevens worden vergeleken met 5 minuutgegevens van de PPO-bladtemperatuurmeter en de in de kasafdelingen via een meetbox gemeten temperatuur en RV.

Er is in eerste instantie, periode van 2 december tot en met 9 december, gemeten in een afdeling met paprika (afd. 4) en een afdeling met komkommer (afd. 6). In de tweede periode, 8 januari tot en met 13 januari werd in twee afdelingen (afdeling 2 en afdeling 4) met paprika gemeten.

4. Resultaten

4.1 Totale daggegevens

De figuren 1 tot en met 5 geven het verloop van de betrokken sensoren over twee meetperioden weer. De gegevens zijn gemiddeld over de periode 0 - 24 uur (etmaal), de periode zon op zon onder (overdag), de aansluitende periode zon onder zon op (nacht).

4.1.1 Meting omgevingstemperatuur en bladtemperatuur (periode 1)

Eerste meetperiode 2 december tot en met 9 december 2002. (paprika en komkommer)

Per etmaal:

Afdeling 4 paprika. Omgevingstemperatuur (kasluchttemperatuur).
Growlab-meting tot gemiddeld ruim 1 gr C. lager dan PPO-meting (Fig. 1a).

Afdeling 6 komkommer. Omgevingstemperatuur.
Growlab-meting tot gemiddeld 2 gr C. hoger dan PPO-meting (Fig. 1b).

Afdeling 6 komkommer. Bladtemperatuur.
Kleine wisselende verschillen tot gemiddeld 0.5 gr C. (Fig. 1b).

Per dagperiode:

Afdeling 4 paprika. Omgevingstemperatuur.
Grote wisselende verschillen tot gemiddeld 3.5 gr C. (Fig. 1c).

Afdeling 6 komkommer. Omgevingstemperatuur.
Growlab-meting tot gemiddeld 2 gr C. hoger dan PPO-meting. (Fig. 1d).

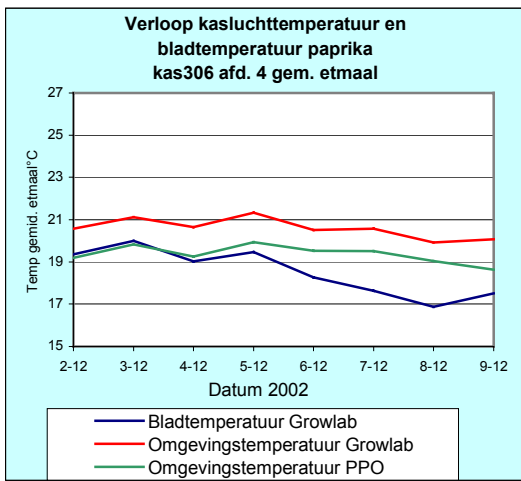
Afdeling 6 komkommer. Bladtemperatuur
Wisselende verschillen tot 1.5 gr C.
Growlab-meting tot gemiddeld 1.5 gr C. hoger tot enkele tiende graden lager dan PPO-meting (Fig. 1d).

Per nachtperiode:

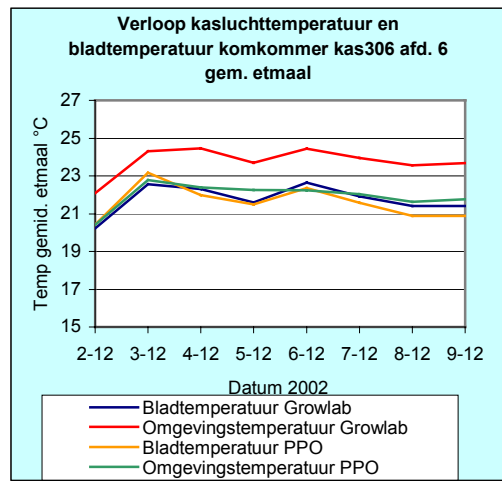
Afdeling 4 paprika. Omgevingstemperatuur.
Growlab-meting tot gemiddeld 3 gr C. hoger dan PPO-meting (Fig. 1e).

Afdeling 6 komkommer. Omgevingstemperatuur.
Growlab-meting tot gemiddeld 2 gr C. hoger dan PPO-meting (Fig. 1f).

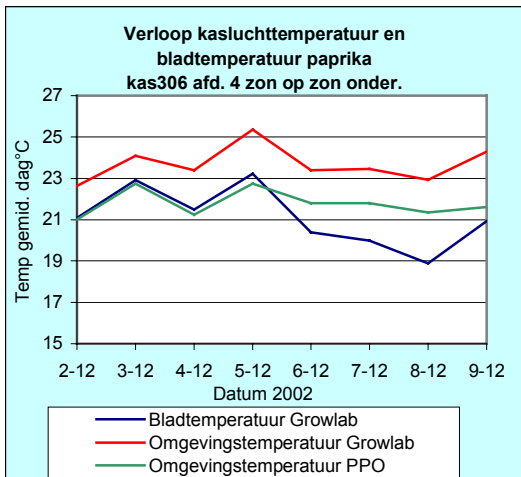
Afdeling 6 komkommer. Bladtemperatuur. Growlab-meting tot gemiddeld 0.5 gr C. hoger dan PPO-meting (Fig. 1f).



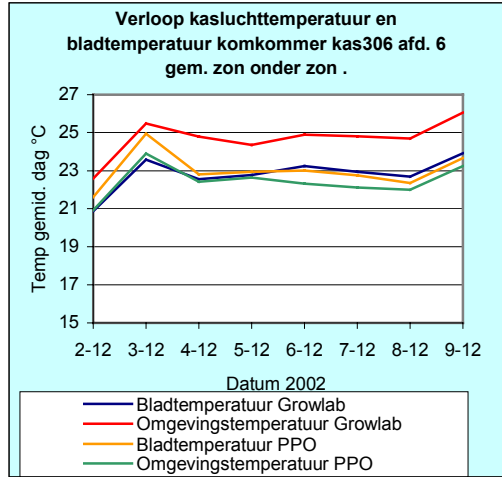
a



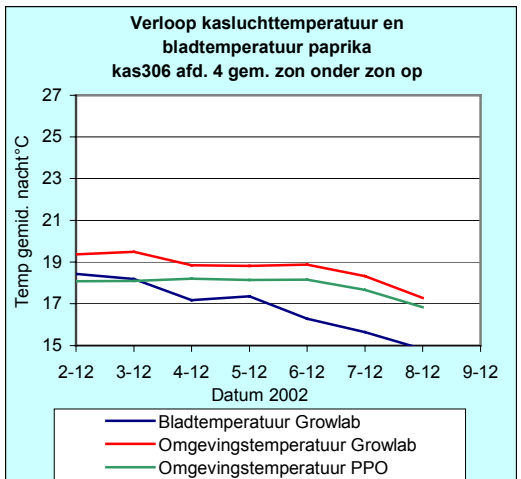
b



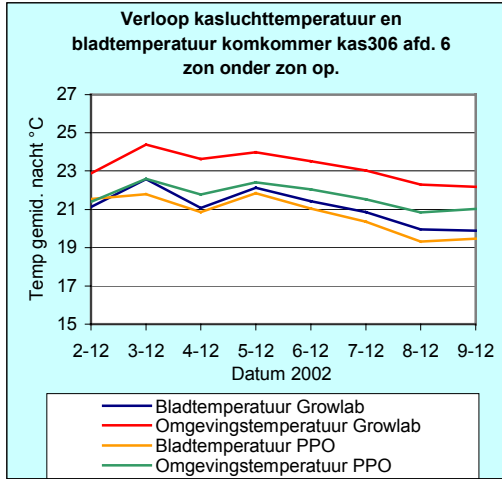
c



d



e



f

Fig. 1 Verloop kasluchttemperatuur, bladtemperatuur Growlab-meting en PPO-meting. Periode 2 december 2002 tot en met 9 december 2002

4.1.2 Meting RV, licht, sapstroom en CO2 (periode 1)

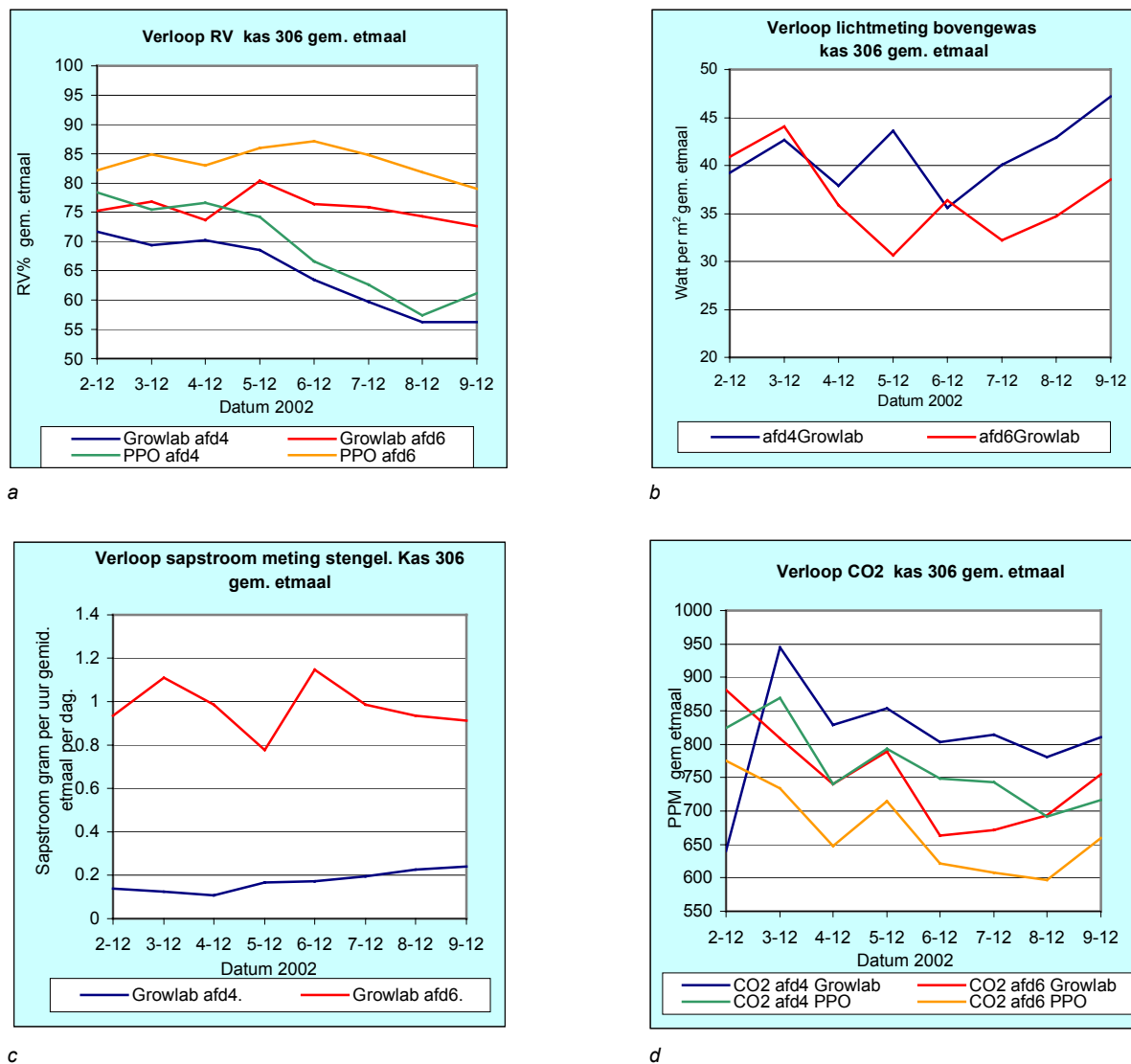


Fig. 2 Verloop RV-meting, lichtmeting, sapstroommeting en CO2. Periode 2 december 2002 tot en met 9 december 2002

Eerste meetperiode 2 december tot en met 9 december 2002. (paprika en komkommer)

Per etmaal:

Afdeling 4 paprika. RV-meting. RV verschillen tot 5% tussen Growlab-meting en PPO-meting. Growlab-meting is tot 5% lager (Fig. 2a).

Afdeling 6 komkommer. RV-meting. RV verschillen tot 10%. Growlab-meting lager dan PPO-meting

De duidelijk zichtbare hoge RV bij afdeling 6 met komkommer is het gevolg van het gebruik van een gesloten transparant scherm (Fig. 2a).

In december werden temperatuursensoren voor meting van de omgevingstemperatuur gebruikt die een te grote afwijking vertoonden. De Growlab-metingen van de RV zijn hier

door nadelig beïnvloed. In januari werd van betere, afgeschermd en geventileerde meters gebruik gemaakt. (zie §3)

Afdeling 4 en 6 paprika/komkommer. Lichtmeting. De verschillen tussen afdeling 4 en 6 zijn het gevolg van verschillen in toegepaste belichtingsperioden (Fig. 2b). Voor vergelijking Growlab-meting met PPO-meting zie onder punt 5.6

Afdeling 4 en 6 paprika/komkommer. Sapstroommeting. In december waren de sensoren voor de sapstroommeting niet goed bruikbaar en werden in januari vervangen door beter werkende sensoren (Fig. 2c).

Ondanks het niet optimaal functioneren van de sensoren in december is er een duidelijk verschil te zien tussen paprika (afdeling 4) en komkommer (afdeling 6). De grotere verdamping door komkommer ten opzichte van paprika is hiervan de oorzaak. Er kan geen vergelijk worden gemaakt met een andere sapstroommeting.

Afdeling 4 paprika. CO₂-meting. Verschillen in meting tot 100 ppm tussen Growlab-meting en PPO-meting. De relatief lage meting op 2 december met de Growlab-sensor is niet verklaarbaar (Fig. 2d).

4.1.3 Meting omgevingstemperatuur en bladtemperatuur (periode 2)

Tweede meetperiode 8 januari tot en met 13 januari 2003, afdeling 2 (10000 lux) en 4 (15000lux) paprika

Per etmaal:

Afdeling 2 paprika 10000 lux. Omgevingstemperatuur. Kleine verschillen tussen Growlab-meting en PPO-meting. De Growlab-meting is enkele tiende graden hoger dan de PPO-meting. De gemiddelde bladtemperatuur is bij de Growlab-meting circa 1 gr C hoger dan de PPO-meting (Fig.3a).

Afdeling 4 paprika 15000 lux. Omgevingstemperatuur. De Growlab-meting is tot gemiddeld 1 gr C. lager dan de PPO-meting. De gemiddelde bladtemperatuur is bij de Growlab-meting tot gemiddeld 1.5 gr C hoger dan bij de PPO-meting (Fig. 3b).

Per dagperiode:

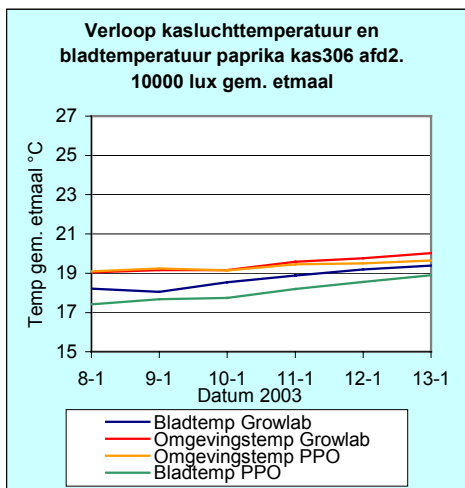
Afdeling 2 paprika 10000 lux. Omgevingstemperatuur. De Growlab-meting is gemiddeld tot 1 gr C. hoger dan de PPO-meting. De gemiddelde bladtemperatuur is bij de Growlab-meting 2 gr C hoger dan bij de PPO-meting (Fig.3c).

Afdeling 4 paprika 15000 lux. Omgevingstemperatuur. De Growlab-meting is gemiddeld tot ruim 2 gr C. hoger dan de PPO-meting. De bladtemperatuur is bij de Growlab-meting gemiddeld tot 2 gr C hoger dan de PPO-meting (Fig3d).

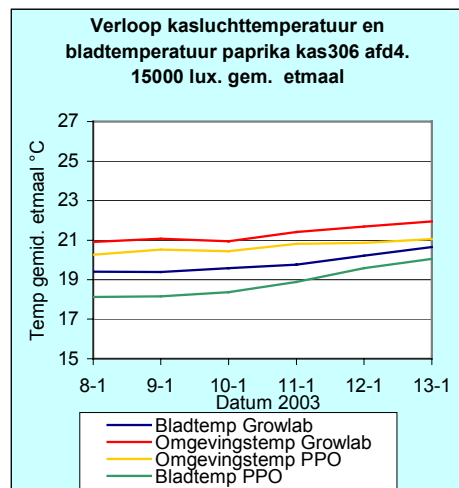
Per nachtperiode:

Afdeling 2 paprika 10000 lux. Omgevingstemperatuur. Kleine verschillen tussen de Growlab-meting en de PPO-meting. Growlab-meting is een enkele keer tot gemiddeld 0.5 gr C lager dan de PPO-meting. Tussen de bladtemperatuurmetingen zijn er geen verschillen (Fig. 3e).

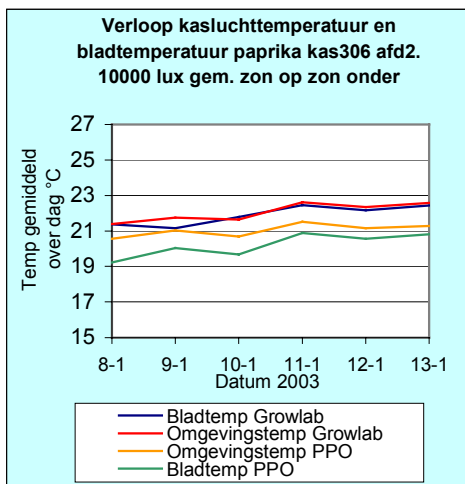
Afdeling 4 paprika 15000 lux. Omgevingstemperatuur. Kleine wisselende verschillen tussen Growlab-meting en de PPO-meting. De bladtemperatuur is de eerste drie dagen tot gemiddeld 1 gr C hoger dan de PPO-meting de andere drie dagen zijn de verschillen klein. (Fig.3f).



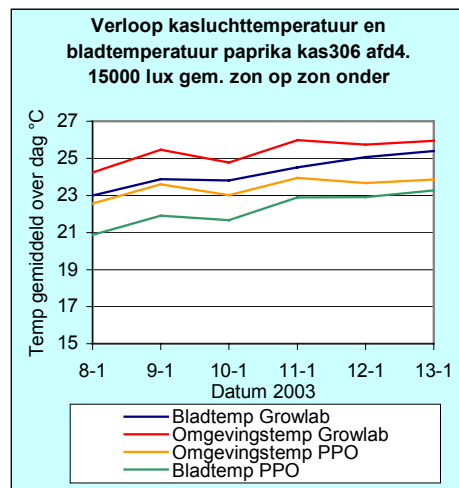
a



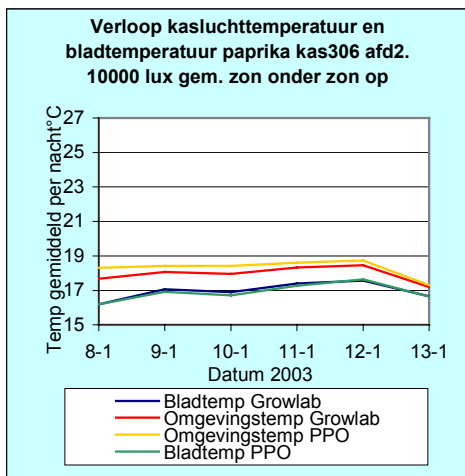
b



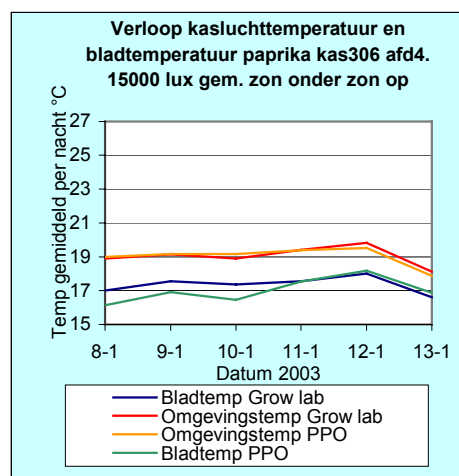
c



d



e



f

Figuur 3. Verloop kasluchttemperatuur en bladtemperatuur gemiddeld per etmaal, zon op zon onder (over dag) en zon onder zon op (nacht). Periode 8 januari tot en met 13 januari 2003

4.1.4 Meting RV, licht en CO2 (periode 2)

Tweede meetperiode 8 januari tot en met 13 januari 2003, afdeling 2 (10000 lux) en 4 (15000lux) paprika

Per etmaal:

Afdeling 2 paprika 10000 lux. RV. Wissellende verschillen tussen Growlab-meting en PPO-meting . De Growlab-meting is van 0 tot 14 % lager in RV dan de PPO-meting (Fig. 4a).

Afdeling 4 paprika 15000 lux. RV. De Growlab-meting is 5 - 7 % lager in RV dan de PPO-meting (Fig. 4a).

Per dagperiode:

Afdeling 2 paprika 10000 lux. RV. Toenemende grote verschillen tussen de Growlab-meting en de PPO-meting. De Growlab-meting is aanvankelijk enkele procenten lager, maar liep op tot 18% lager (Fig. 4b).

Afdeling 4 paprika 15000 lux. RV. De Growlab-meting is op alle dagen 7 – 10% lager dan de PPO-meting (Fig.4b).

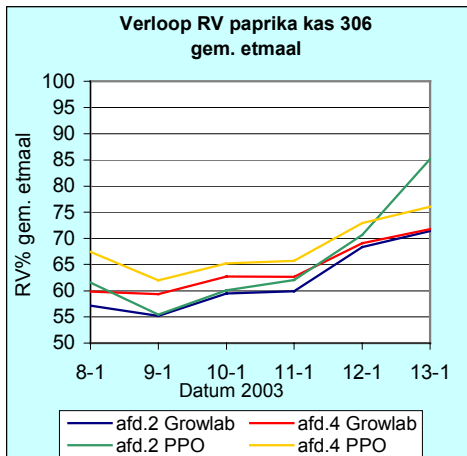
Per nachtperiode

Afdeling 2 paprika 10000 lux. RV. Met uitzondering van 12 januari zijn er geen verschillen tussen de Growlab-meting en de PPO-meting (Fig. 4c).

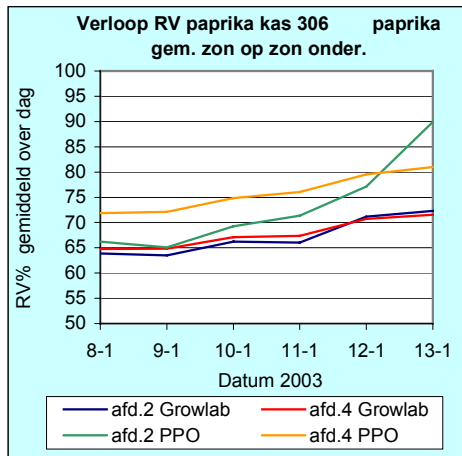
Afdeling 4 paprika 15000 lux. RV. Geen grote verschillen tussen de Growlab-meting en de PPO-meting. In een enkel geval is de Growlab-meting 2 – 3 % lager dan de PPO-meting (Fig. 4c).

Growlab-lichtmeting:

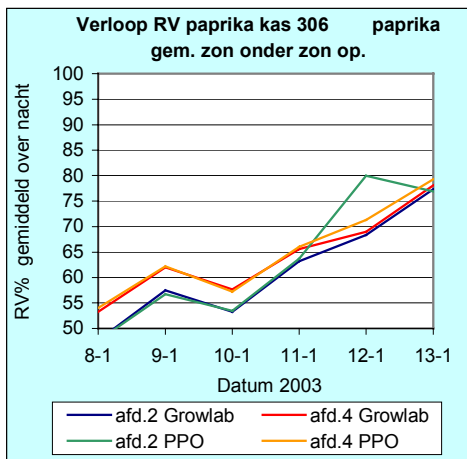
In figuur 5a – f zijn de met de Growlab-sensor lichtmetingen weergegeven. De verschillen in lichtbehandeling en de verschillen tussen boven het en onder het gewas meten zijn duidelijk zichtbaar. Voor vergelijk met de PPO-lichtmeting zie onder punt 5.6



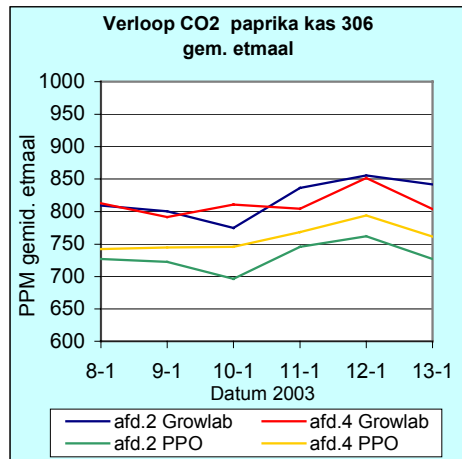
a



b

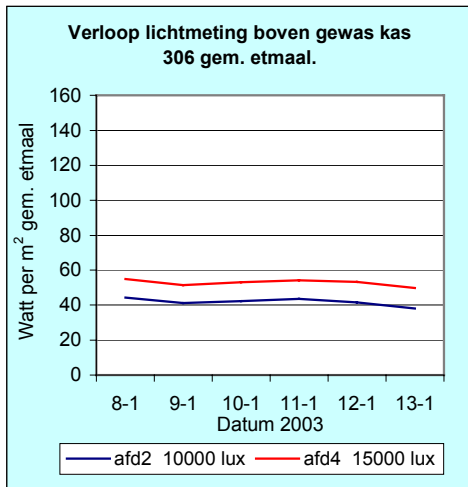


c

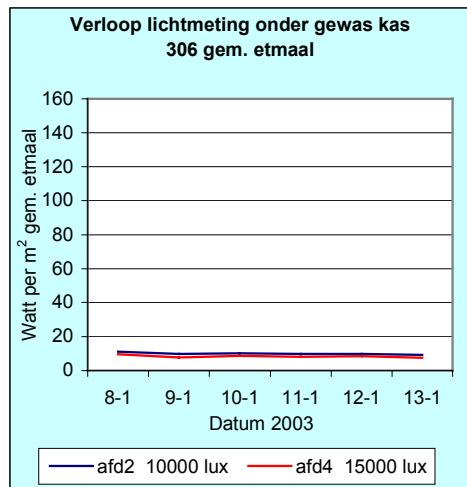


d

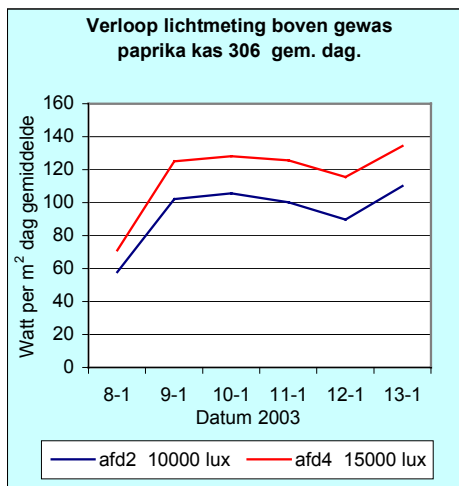
Figuur 4a – d. Verloop RV en CO2 gemiddeld per etmaal, zon op zon onder (over dag) en zon onder zon op (nacht) periode 8 januari tot en met 13 januari 2003 bij paprika met belichting afd. 2 (10000 lux) en afd. 4 (15000 lux)



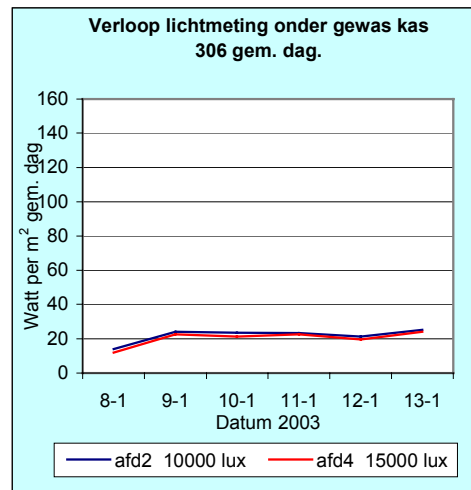
a



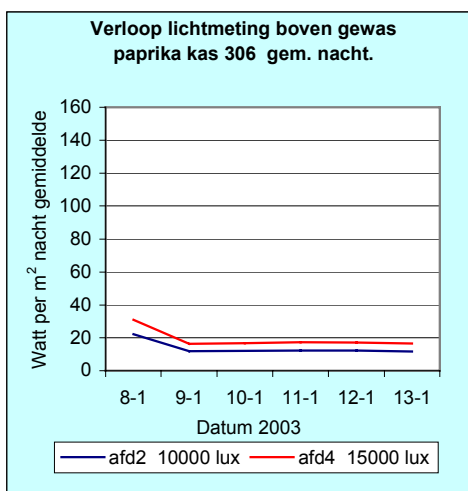
b



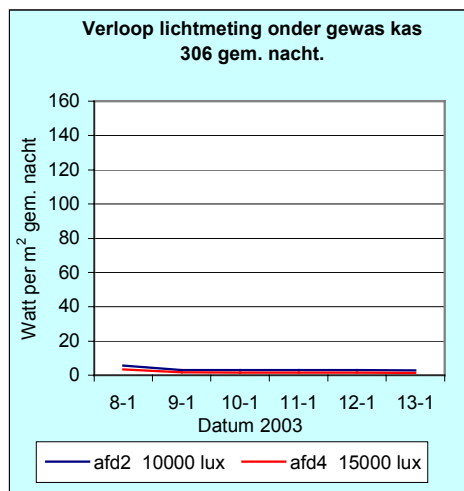
c



d



e



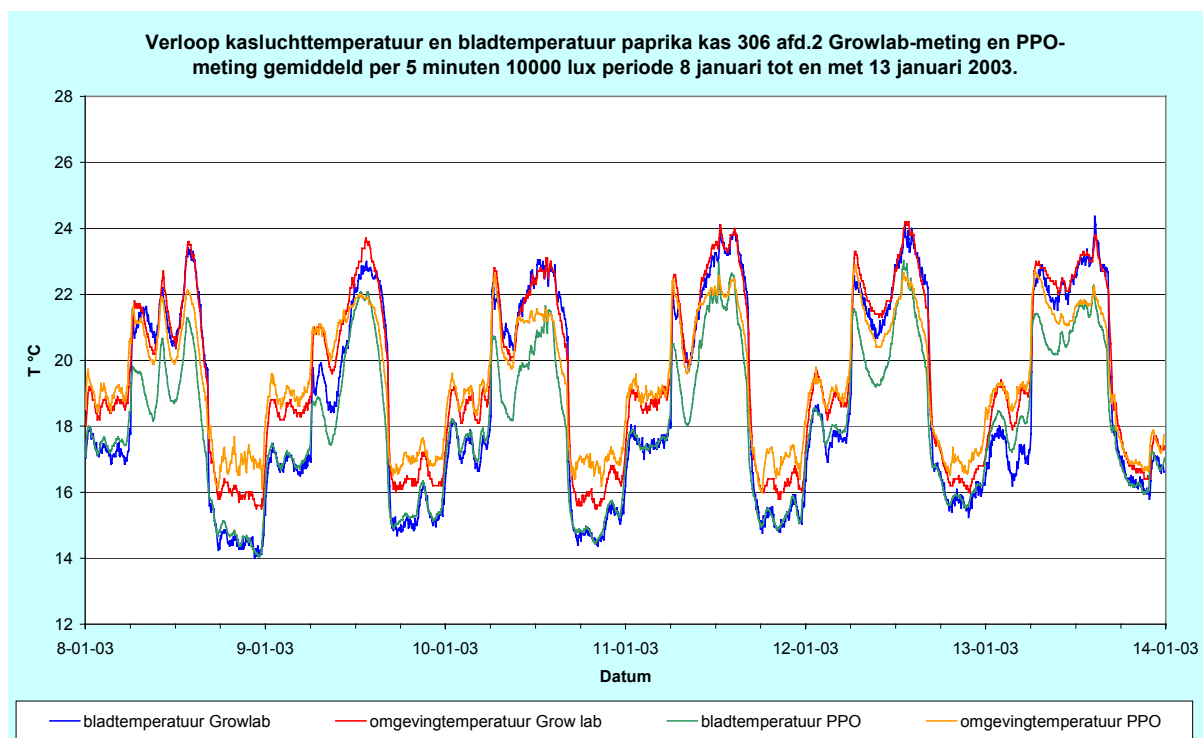
f

Figuur 5a – f. Verloop Growlab-lichtmeting 8 januari tot en met 13 januari 2003

4.2 Daggegevens over korte perioden

Verschillende dagen respectievelijk 8, tot en met 13 januari worden in figuur 6 en 7 nader besproken. Vergeleken worden metingen van de kasluchttemperatuur en bladtemperatuur met de Growlab sensoren en de kasluchttemperatuurmeting van PPO-Naaldwijk en de infrarood bladtemperatuurmeter van Brinkman. Op alle dagen blijken er vrij grote verschillen tussen Growlab-meting en de PPO-metingen te bestaan. Extra ijking van de PPO-bladtemperatuurmeters achteraf gaven geen afwijkingen te zien.

4.2.1 Vergelijking bij 10000 lux: paprika



Figuur 6. Verloop omgevingstemperatuur (kaslucht) en bladtemperatuur behandeling 10000 lux gemiddeld per 5 minuten periode 8 januari tot en met 14 januari 2003

Bladtemperatuur:

Nachtperiode: Gedurende de nachtperiode zijn er kleine verschillen tussen Growlab en de PPO-metingen. In een enkel geval is Growlab tot **1 gr C lager** dan de PPO-meting.

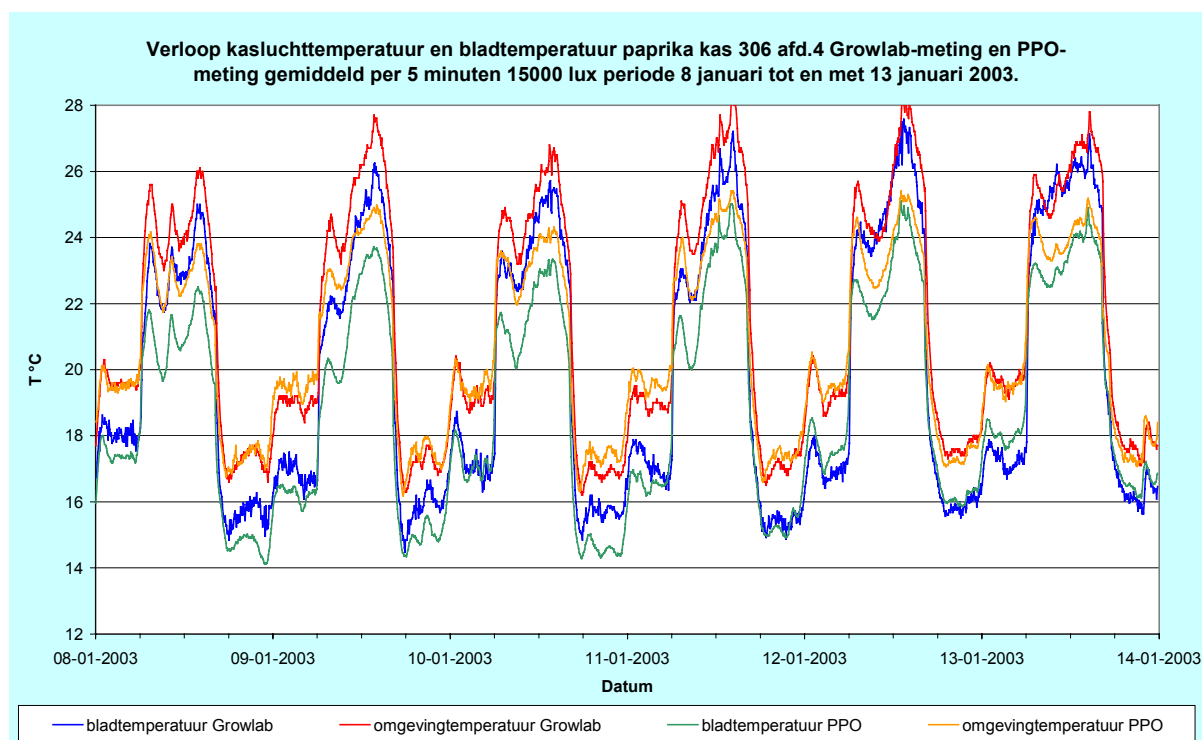
Dagperiode: Gedurende de dagperiode zijn er op alle dagen vrij grote verschillen. De Growlab-metingen liggen **1 a 2 gr C hoger** dan de PPO-metingen (Zie figuur 6).

Kasluchttemperatuurmeting:

Nachtperiode: Gedurende de nachtperiode zijn er, met name gedurende de voornacht, verschillen tot **1.5 gr C** In bijna alle gevallen zijn de Growlab-metingen **lager** dan de PPO-metingen.

Dagperiode: Gedurende de dagperiode zijn er verschillen tot **1.5 gr C** De verschillen zijn vooral gedurende de middag periode aanwezig. De Growlab-metingen liggen tot **1.5 gr C hoger** dan de PPO-metingen (zie figuur 6).

4.2.2 Vergelijking bij 15000 lux: paprika



Figuur 7. Verloop omgevingstemperatuur (kaslucht) en bladtemperatuur behandeling 15000 lux gemiddeld per 5 minuten periode 8 januari tot en met 14 januari 2003

Bladtemperatuur:

Nachtperiode: Gedurende de nacht zijn er wisselende verschillen **tot 1.5 gr C**.

De ene nachtperiode liggen de Growlab-metingen **hoger** dan de PPO-metingen de andere nacht liggen de Growlab-metingen lager dan de PPO-metingen of zijn gelijk.

Dagperiode: Gedurende alle dagperioden zijn er grote verschillen aanwezig en is de gemeten bladtemperatuur bij Growlab **2 a 2.5 gr C hoger** dan bij de PPO-metingen. (zie figuur 7)

Kasluchttemperatuur:

Nachtperiode: Gedurende de nachtperiode zijn de verschillen relatief klein en bedragen enkele tiende tot een halve gr C. De Growlab-metingen liggen soms **hoger** en soms **lager** dan de PPO-metingen.

Dagperiode: Overdag zijn de verschillen groot. De Growlab-metingen liggen 2 a 3 gr C boven die van PPO (zie figuur 7).

Hoewel er tussen Growlab- en PPO-bladtemperatuurmetingen grote verschillen kunnen voorkomen blijkt wel dat de metingen met Growlab en de vergelijkende PPO-metingen een zelfde patroon volgen. Plotselinge veranderingen die samenhangen met het aan - of uitgaan van de assimilatiebelichting worden bij alle metingen direct geregistreerd. Wat wel duidelijk verschilt is het niveau van de metingen.

Mogelijk spelen lokale effecten op de Growlab meter hierbij een rol. De plaats van de opnamer verschilt bij Growlab met die van PPO. De PPO-meter heeft een vaste opstelling (hoogte en meethoek) terwijl de meter van Growlab meegroeide met het gewas en zich steeds 10 a 15 cm boven de kop van de plant bevond. De positie ten opzichte van de lampen was hierdoor ook verschillend. De PPO-bladtemperatuurmeter bepaalt

de bladtemperatuur van de bovenkant van het gewas over een oppervlak van circa 4 m². Het meetoppervlak met de Growlab-meter is veel kleiner 50 cm² hierdoor kan er bij Growlab ook meer ruis optreden.

Wat de verschillen betreft tussen de kasluchttemperatuurmetingen is mogelijk de verklaring de horizontale temperatuur gradiënt in het gewas of temperatuur gevoeligheid van de Growlab-sensor. Aanvankelijk werd bij Growlab gemeten met niet afgeschermd en niet geventileerde temperatuur meetopnemers. De Growlab-meting was in dat geval zelfs 4 a 5 gr. hoger dan de PPO-meting. Afschermen en ventileren van de meetopnemer gaf wel een verbetering te zien maar blijkbaar nog niet voldoende. Vergelijking van de PPO-meter met handmatige metingen toonde aan dat deze overéén kwamen met elkaar.

De geconstateerde verschillen in blad- en kastemperatuur zijn bij de behandeling met 15000 lux groter dan bij de behandeling met 10000 lux wat ook duidt op een mogelijke invloed van temperatuur en /of (stralings) gevoeligheid van de sensor.

IJkingen achteraf van de PPO-thermometers gaven geen afwijkingen.

4.3. De overige metingen

Als gevolg van enkele technische storingen is het niet goed mogelijk om bij de overige sensoren voor alle overzichten dezelfde perioden te gebruiken en te vergelijken. De resultaten van de metingen worden in bijlagen a tot en met g weergegeven. Bijlage a, b, c, f, g, en h worden weergegeven zoals deze op het computerscherm door Growlab zichtbaar worden gemaakt.

4.3.1 Sapstroommeting

In bijlage a en b wordt voor komkommer in afdeling 6 en 8 met respectievelijk 15000 en 10000 lux belichting het verloop van de sapstroom weergegeven. De meting in afdeling 6 geeft geen bruikbare gegevens te zien. De meting in afdeling 8 reageert in ieder geval op het aan en uit gaan van de belichting. Voor een deel loop het patroon van 1 januari en 2 januari voor afdeling 8 parallel. Afdeling 6 is op beide dagen ook wat het patroon betreft niet gelijk. De meting in afdeling 6 heeft haast wel zeker niet goed gewerkt. Op andere dagen is het patroon niet veel beter. Op 2 januari

4.3.2 Stengeldiktemeting

Gegevens over meting van de stengeldikte van twee meetperioden zijn weergegeven in Bijlage c (12 december 2002 tot en met 16 december) en in bijlage d (28 november 2002 tot en met 3 december 2002).

Bijlage c laat een onduidelijk beeld zien. Komkommer laat nog wel een verloop zien met een toenemende groei, maar paprika toont een afnemende groei wat niet aannemelijk is. Bovendien wordt de meting verstoord door het noodzakelijk herplaatsen van de meetsensor.

Bijlage d laat wel een interessant beeld zien. De toename van de stengeldikte in de loop van de meetperiode is duidelijk zichtbaar, ook de invloed van de dag- en nachtperiode is duidelijk zichtbaar. Vergelijking van stengeldikte verloop met het cumulatieve verdampingsverloop toont een beeld met grote overeenkomst. De in de figuur van stengeldikte plotselinge verhoging of daling van de curve wordt zeer waarschijnlijk door gewashandelingen veroorzaakt.

4.3.3 Vruchtdiametermeting

Gegevens over het verloop van vruchtdiameter staan in bijlage e. Voor de meting van de vruchtdiameter wordt eveneens een duidelijke toename geconstateerd gedurende de meetperiode. Het verloop van de curve geeft een vergelijkbaar beeld als bij de meting van de stengeldikte. Ook voor de vruchtdiameter is het verloop in verband gebracht met de cumulatieve gewasverdamping. Er is wel is waar ook een dagverloop te constateren maar is minder duidelijk als het geval is met de stengeldiktemeting. Ook tussen stengeldiktemeting en vruchtdiametermeting bestaat er een zeker verband.

4.3.4 Tensiometermetingen

In bijlage f is het verloop van de tensiometermetingen weergegeven voor de periode 11 december 2002 tot en met 16 december.

Afdeling 6 komkommer vertoont min of meer een telkens terugkerend dagpatroon met een aantal grote pieken en dalen op dezelfde tijd. Een dergelijk patroon wordt ook gevonden voor afdeling 4 paprika. Interpretatie van de gegevens is niet eenvoudig. De pieken en dalen in het verloop hangen voor een groot deel samen met de watergeefbeurten en het meer of minder uitdrogen van de mat.

4.3.5 Berekening van de gewasverdamping

Volgens Growlab wordt uit gegevens van de bladtemperatuur en het vochtgehalte van de kaslucht de verdamping van het gewas berekend. Berekend wordt in werkelijkheid de dampdrukverschillen tussen onverzadigde en verzadigde kaslucht berekend (VPD kas) en tussen verzadigde dampdruk in het blad en de kaslucht.

Dit laatste verschil (VPD plant) zou dan een maat zijn voor de mate van gewasverdamping. Hoewel dampdrukverschillen tussen blad en kaslucht weliswaar de “motor” zijn voor de gewasverdamping wordt de gewasverdamping in grote mate mede bepaald door de opening van de huidmondjes. Dit is echter niet in de berekening van Growlab opgenomen.

Bijlagen g en h geven een overzicht van de berekende “verdampingskracht” als maat voor de gewasverdamping.

Zowel bij komkommer als bij de paprika blijkt er weinig verschil te bestaan tussen meting VPD kas en VPD plant. In het bijzonder bij paprika is er nauwelijks sprake van enig verschil. Bij de komkommer is er met name in de ochtend wel wat verschil te zien. Gezien de relatief grote verschillen tussen kasluchttemperatuur en bladtemperatuur is het te verwachten dat er (grotere) verschillen zouden zijn tussen VPD kas en VPD plant.

4.4.6 Vergelijk PPO-lichtmeting met Growlab-lichtmeting

In bijlage i wordt een vergelijk gemaakt tussen de PPO-lichtmeting en de Growlab-lichtmeting. Een goede vergelijking is niet mogelijk, omdat de Growlab-meting wordt uitgedrukt in PAR (Watt m^{-2}) en de PPO-meting in $\mu\text{Mol.m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$. Afwijkingen treden op gedurende de daglichtperiode. De omrekening van $\mu\text{Molm}^2\text{sec}^{-1}$ naar Wm^2 wordt overdag bepaald door de verhouding direct indirect licht en de lichtkleur. Gedurende de nacht met een gelijk lichtniveau zijn er kleine verschillen. Deze kleine verschillen zullen te maken hebben met de positie van de sensoren ten opzichte van de lichtbron. Het betrof metingen in gedurende de winterperiode. Het is te verwachten dat in de zomerperiode de verschillen veel gorter zijn.

5. Conclusies en discussie

Bij de beoordeling van de verschillende sensoren wordt de nadruk gelegd op de metingen van bladtemperatuur, kasluchttemperatuur en stengel- en vruchtdiktemeting. Dit zijn metingen die met enige aandacht goed uitvoerbaar zijn en voor de berekening van een aantal belangrijke plantprocessen van belang en nuttig kunnen zijn. Over de overige sensoren is door het optreden van de nodige technische onvolkomenheden minder goed een uitspraak te doen, bovendien was de besteedbare tijd aan dit onderzoek slechts beperkt.

Technische onvolkomenheden bij de installatie, de verdere registratie tijdens de meetperiode, uitvallen en storingen van de computer en/of computerverbinding zijn oorzaak geweest dat een groot aantal dagen niet konden worden gebruikt voor de beoordeling van de opstelling. De onvolkomenheden zijn door het PPO zoveel mogelijk verholpen en tevens na enige tijd door Growlab. Echter bepaalde sensoren waren van dien aard dat het moeilijk bleef om hier mee goed te meten.

Het meetbereik van de meetsensor voor de vruchtdikte bij komkommer was te klein om hier mee de groei van enkele dagen achtereen te kunnen registreren zonder de sensor opnieuw in te stellen. Dit gaf vooral problemen in de weekends, hetgeen voor kwekers niet acceptabel zou zijn. De meting van de vruchtdikte van paprika had ook de nodige aandacht nodig om er mee te kunnen meten.

De tensiometersensor om het vochtgehalte in de mat te meten was niet de beloofde en afgesproken vochtmeter. Uit eerdere ervaring is bekend dat een tensiometer geen simpele meting is. De tensiometers werden gedurende de meetperiode niet door Growlab vervangen door directe vochtmeters. Een betrouwbare praktische vochtmeting van het substraat is wel gewenst en levert goed bruikbare informatie op voor niet hangende gewassen zoals paprika.

Veel aandacht vroeg ook de bevestiging van de sensoren. Bepaalde sensoren moesten ten gevolge de groei van de meetplant telkens worden aangepast. Stevigere en langere statieven voor bevestiging van de sensoren zijn gewenst, hierbij kan worden gedacht aan statieven bevestigd aan kaspoet/paal. Voor praktisch gebruik zou één keer per week controleren voldoende moeten zijn.

Uit de eerste gegevens van de metingen van de kasluchttemperatuur bleek dat een goede afscherming tegen directe straling en ventilatie van de meetbox noodzakelijk is. Niet afgeschermd en niet geventileerd was de met Growlab gemeten temperatuur onder bepaalde omstandigheden tot 4 a 5 gr C. hoger dan de PPO meting. Na afschermen en ventileren waren de verschillen een stuk kleiner maar, zoals boven vermeld nog wel aanwezig.

Door de haast wel zeker niet correcte meetgegevens van kaslucht- en bladtemperatuur met de Growlab sensoren is er geen betrouwbare uitspraak te doen over de hieruit berekende dampdrukverschillen. Berekenen van de gewasverdamping met behulp van dampdrukverschillen zijn dan ook niet mogelijk. Het is bovendien niet juist om de gewasverdamping zonder meer af te leiden van het dampdrukverschil tussen blad en directe omgeving, omdat de huidmondjesopening daarbij niet wordt meegenomen. Daar komt nog bij dat op sommige dagen er perioden voorkwamen dat de Growlab-meting van de bladtemperatuur onder of boven de Growlab-kasluchtmeting uit kwam terwijl dit bij de PPO meting anders om was. Het tegenovergestelde kwam echter ook voor. Een feit is echter dat de Growlab-bladtemperatuurmeting is een lokale meting is en de PPO-meting een relatief groot oppervlak meet.

Het idee achter plantmonitoring is om aan de hand van diverse metingen aan plant en klimaat in de directe omgeving van de plant inzicht te geven en een uitspraak te kunnen doen over het gedrag en/of toestand van de desbetreffende plant. Gegevens die vervolgens kunnen worden gebruikt om de keuze van een "optimaal" klimaat te optimaliseren, bepaalde maatregelen te kunnen nemen bij een voor de plant minder gunstige omstandigheid (b.v. stress voorkomen) en ook om de watertgift te automatiseren.

De vraag en discussie zijn echter, ook bij technisch goed en betrouwbaar werkende sensoren, in hoeverre het gedrag van één plant representatief is voor een hele kas of kas afdeling. Uit onderzoek is bekend dat

binnen een kas grote verschillen in temperatuur kunnen optreden en dat ook de hoeveelheid licht van plaats tot plaats en in tijd kan verschillen.

Een groot aantal plantmonitoring opstellingen in een kas lijkt, gezien ook de prijs, het vele werk en aandacht voor de sensoren, geen praktisch bruikbare oplossing. (zie Baas e.a. 2002: Bladtemperatuur in relatie tot de vochtvoorziening en klimaat bij Chrysant, Impatiens, Spathiphyllum, Anthurium, Gerbera en Roos, rapport nr. PPO 557 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector Glastuinbouw).

Het is waarschijnlijk ook niet noodzakelijk om alle mogelijke metingen aan één plant uit te voeren. Metingen als licht, CO₂, bladtemperatuur e.d. vinden toch al plaats en veelal betreft dit metingen over een groter oppervlak met meerdere planten.

Toch kan in bepaalde gevallen de wens bestaan om inzicht te verkrijgen in een totaal beeld van het plantgedrag. Een technisch betrouwbare plantmonitoring kan dan van dienst zijn. Een representatieve plaats is hierbij dan wel noodzakelijk.

Een aantal metingen biedt, in een andere opstelling, wel degelijk mogelijkheden om te worden toegepast bij optimalisering van het klimaat en de gewasgroei. Met name de metingen van de bladtemperatuur, kasluchttemperatuur, dikte metingen van stengel en vrucht bieden mogelijkheden. Aandacht moet dan wel worden gegeven aan de techniek en betrouwbaarheid van de sensoren en de wijze van opstellen/aanbrengen van de sensoren aan of bij de plant. Advies is om de sensoren in 2-voud uit te voeren, zodat zichtbaar wordt of vergelijkbare gegevens worden verkregen. Is dit niet het geval dan is er iets aan de hand met één van de sensoren.

In hoeverre sapstroommetingen nuttig kunnen zijn kan uit dit onderzoek niet worden aangegeven, omdat aanvankelijk geen goede sapstroommeters waren geleverd en de benodigde tijd voor testen van nieuw aangebrachte sensoren ontbrak.

Het gaat dan niet meer om op één plaats zoveel mogelijk aan een plant te meten, maar meer om op meerdere plaatsen in een kas enkele bruikbare sensoren bij planten op te stellen.

Nader onderzoek zal echter uitmoeten maken op hoeveel plaatsen in een kas gemeten moet worden om een bruikbaar beeld te krijgen.

Een punt van nader aandacht zal ook moeten zijn de presentatie van de gegevens via het computerscherm. Dit geldt ook voor de geprinte grafieken en gegevens.

Een goede aanduiding wat wat is, is belangrijk,. Bovendien vraagt de praktijk informatie hoe de verkregen gegevens kunnen worden toegepast of in een regeling via de computer kunnen worden opgenomen.

Een praktisch bruikbare handleiding is tot nu toe niet aanwezig, maar zeker gewenst en noodzakelijk

- Geconcludeerd kan worden dat plantmonitoring (de sprekende plant) voor praktische toepassing beperkingen heeft.
- Bepaalde sensoren nog niet optimaal werken
- De grote vraag blijft in hoeverre de metingen op één plaats aan één plant voor de desbetreffende plant waar zijn. Gezien de geconstateerde afwijkingen is hier geen duidelijke uitspraak over te doen.
- De vraag blijft bestaan, ook al zijn de metingen van één plek aan één plant betrouwbaar, in hoeverre deze gegevens gebruikt kunnen worden voor een gehele kas of kasafdeling.
- Mogelijk kunnen plantmonitoringgegevens beter een "trend" aangeven waarop mede en betere beslissingen kunnen worden genomen.
- Een aantal sensoren biedt zeker goede mogelijkheden om in een "vereenvoudigde" opstelling op meerdere plaatsen in een kas bij te dragen aan optimalisering van kasklimaat en gewasgroei.
- Nader onderzoek zal plaats moeten vinden om op een praktisch toepasbare manier met plantmonitoring door te kunnen gaan.
- Mogelijke bruikbare toepassingen van plantmonitoring-sensoren liggen op het gebied van:
 - aantonen en voorkomen van te hoge bladtemperaturen in de zomer (voorkomen van stresssituaties).
 - aansturen van een daksproeier, een luchtbevochtiging of een scherm.
 - berekening van de gewasverdamping in vergelijking met de werkelijke gewasverdamping
 - aangepaste minimumbuisregeling (condensatie voorkomen)

Vergelijking van Growlab-metingen van stengeldikte en vruchtgroei met de door de weeggoten gemeten gewasverdamping tonen een zekere overeenkomst. Hoe dit gegeven als “trend” toegepast kan worden in een regeling moet verder worden uitgewerkt.

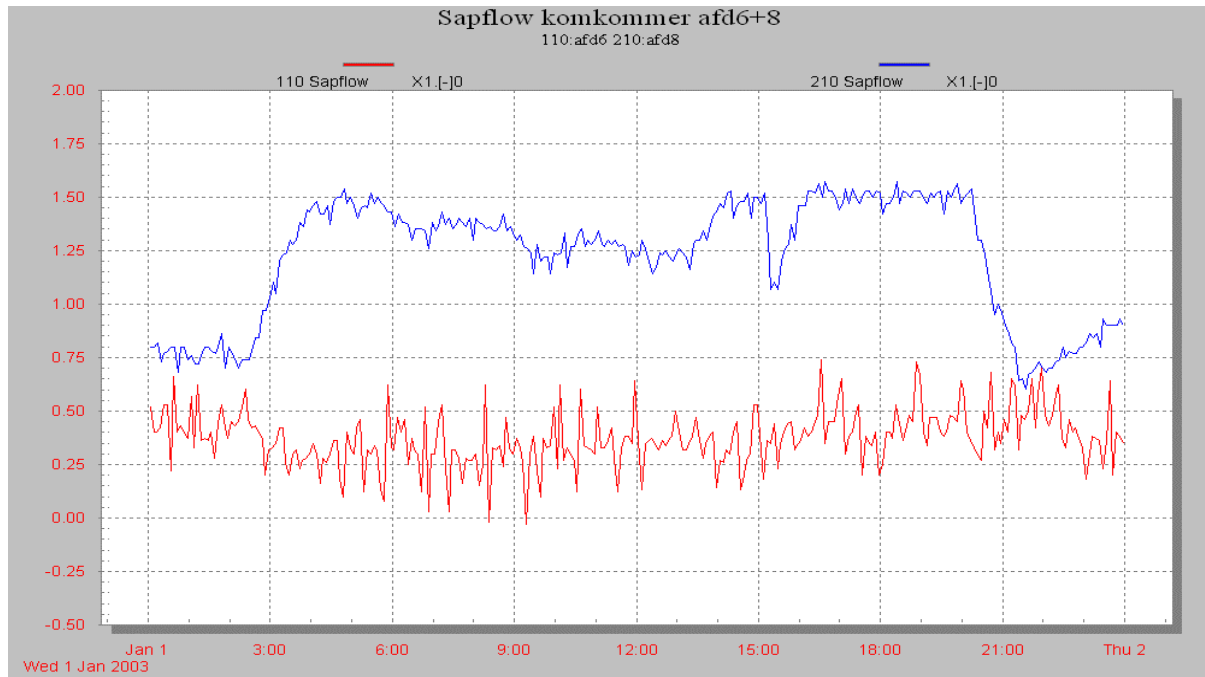
De vergelijking heeft plaats gevonden gedurende de winterperiode. Het is echter waarschijnlijk dat de grootste respons/variatie zal optreden bij dagen in de zomer en het najaar.

Een deel van het doel van onderzoek kan door het optreden van allerlei technische onvolkomenheden en storingen met de gebruikte opstellingen niet goed worden beantwoord.

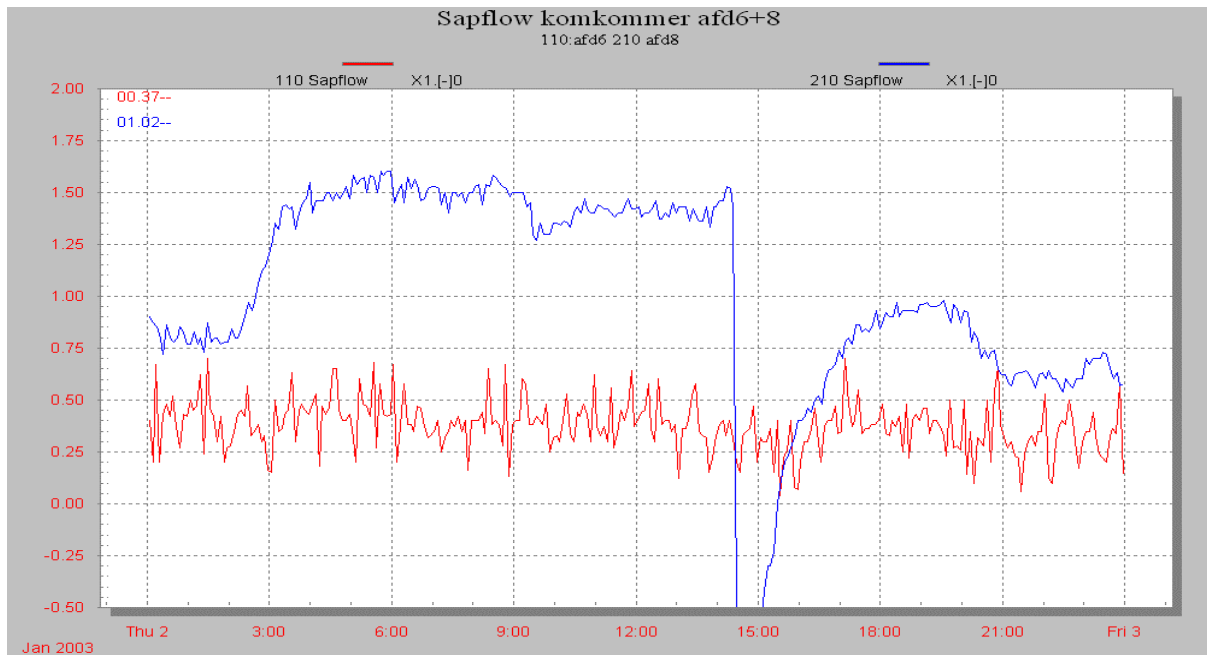
Ook voor de verdere toepassing van de verkregen gegevens zal nog het nodige onderzoek plaats moeten vinden.

Met Growlab zijn hierover inmiddels voorlopige afspraken gemaakt.

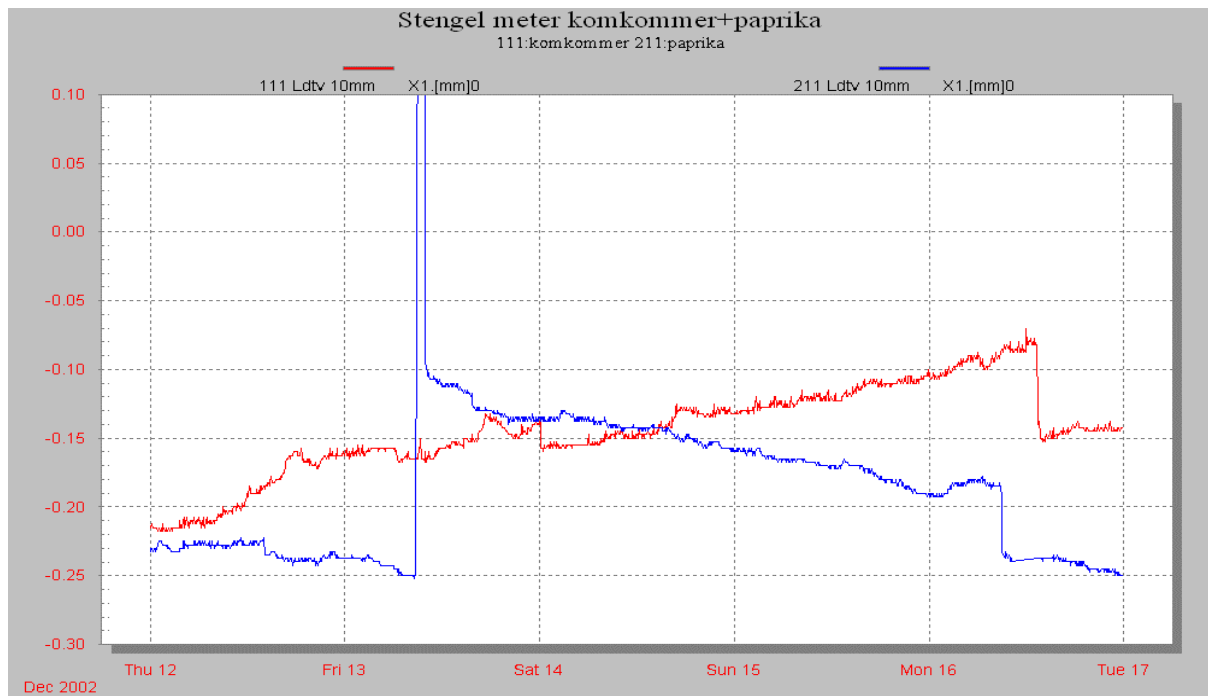
6 Bijlagen:



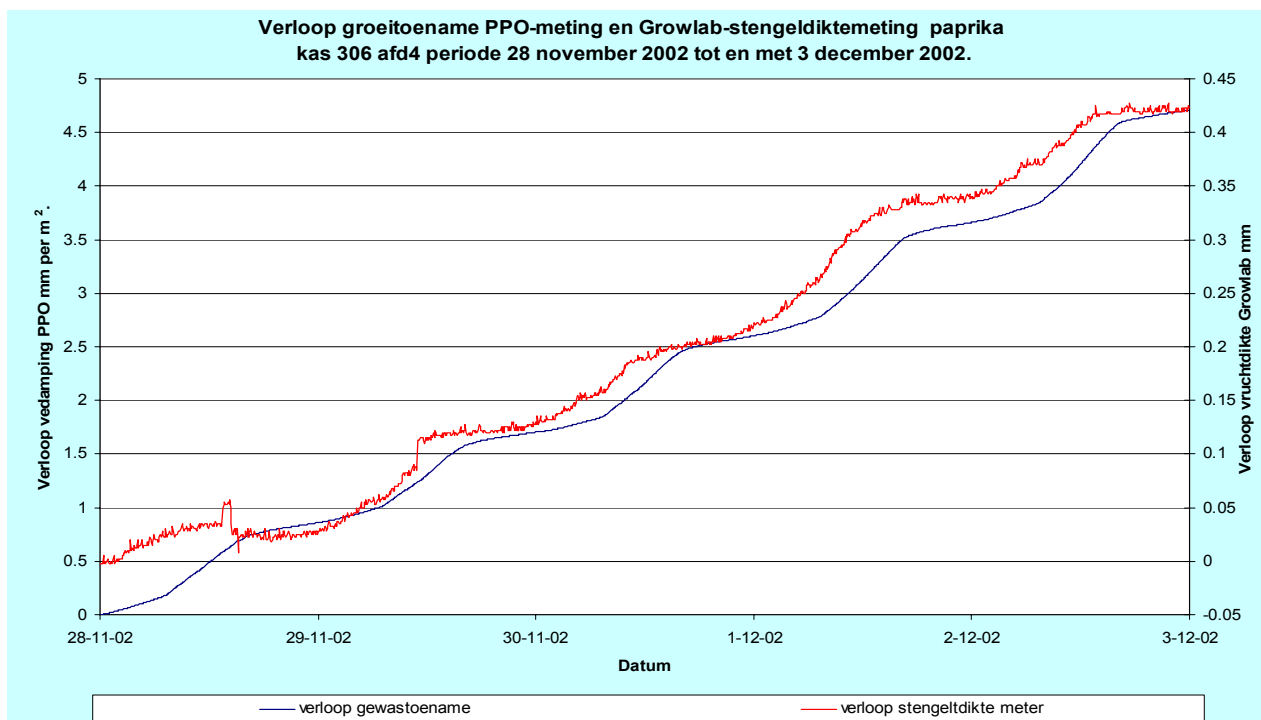
Bijlage a: Verloop Growlab-sapstroommeting komkommer afdeling 6 (rood) 15000 lux, afdeling 8 (blauw) 10000 lux 1 januari 2003



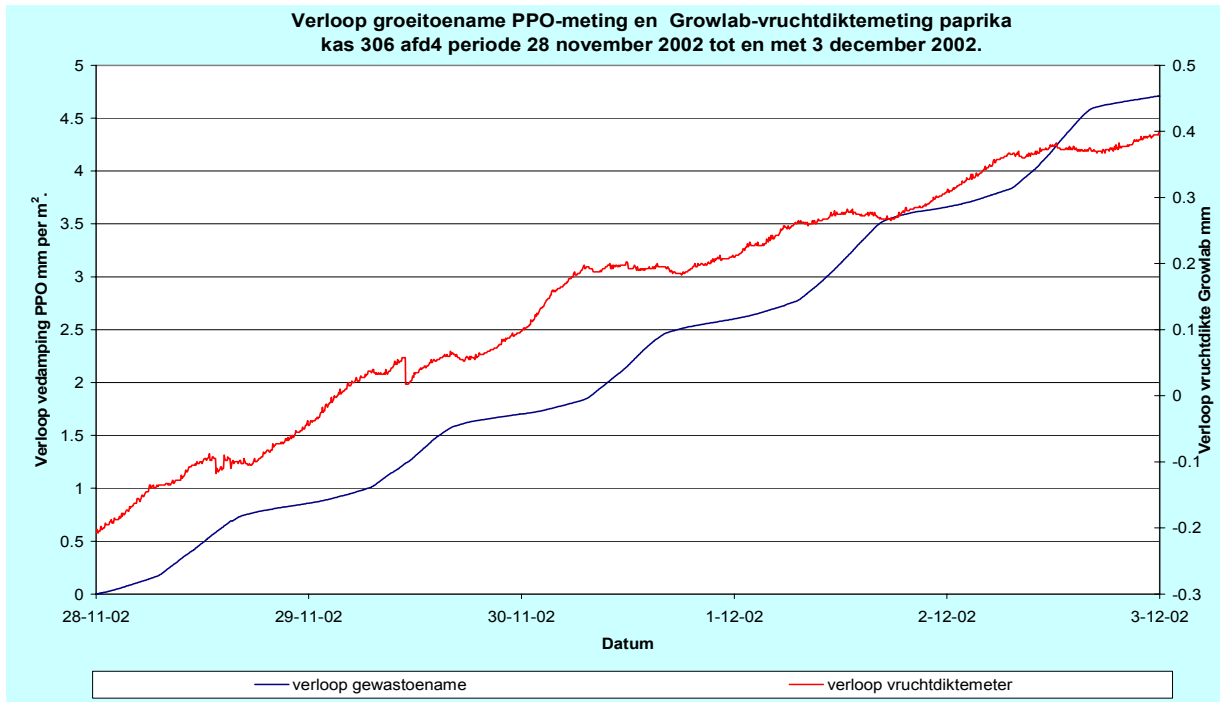
Bijlage b: Verloop Growlab-sapstroommeting komkommer afdeling 6 (rood) 15000 lux, afdeling 8 (blauw) 10000 lux 2 januari 2003



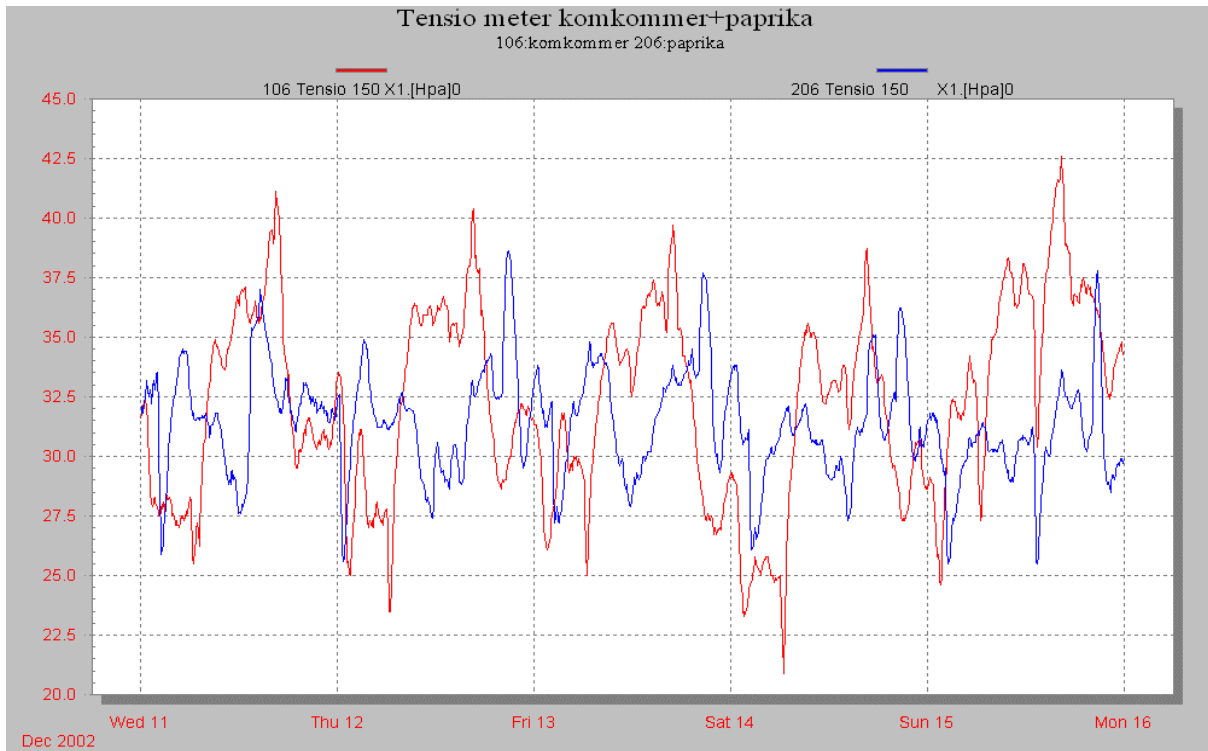
Bijlage c: Verloop Growlab-stengeldiktemeting paprika (afdeling 4, blauw) en komkommer (afdeling 6, rood) 15000 lux



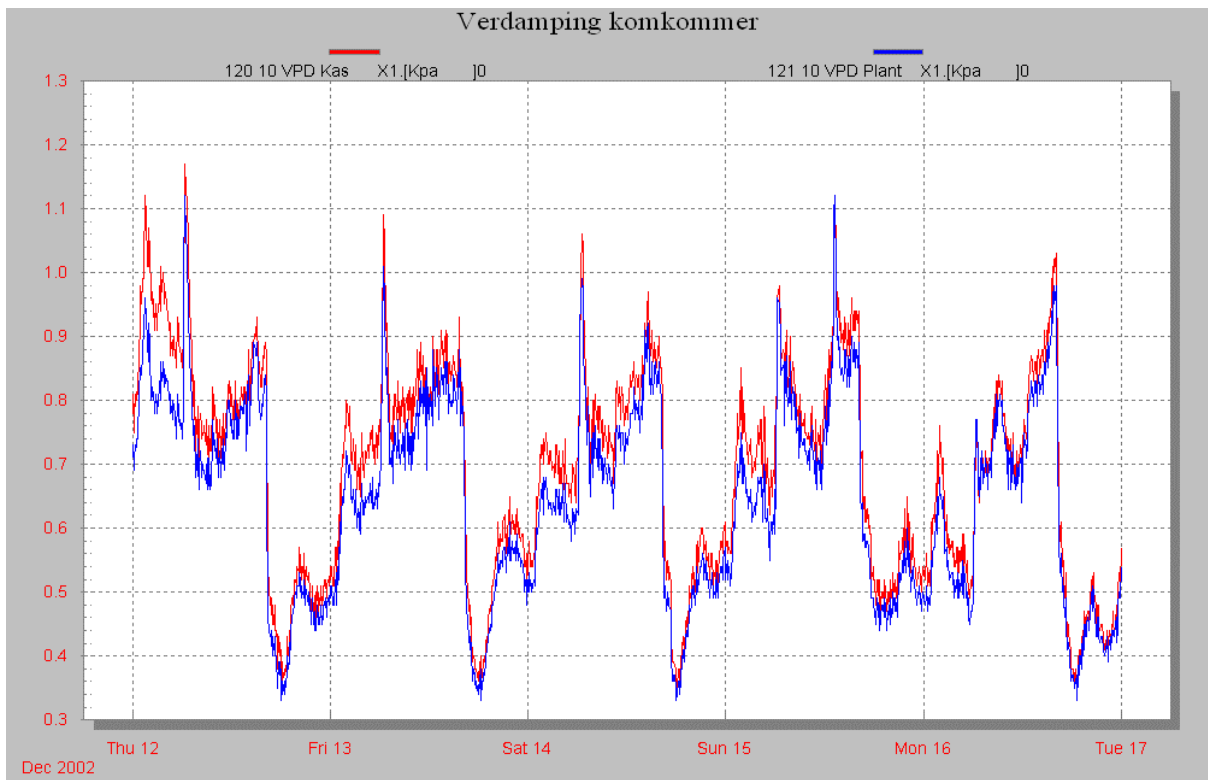
Bijlage d: Verloop groeitoename PPO-meting en Growlab-stengeldiktemeting paprika afdeling 4 periode 28 november tot en met 3 december 2002 15000 lux



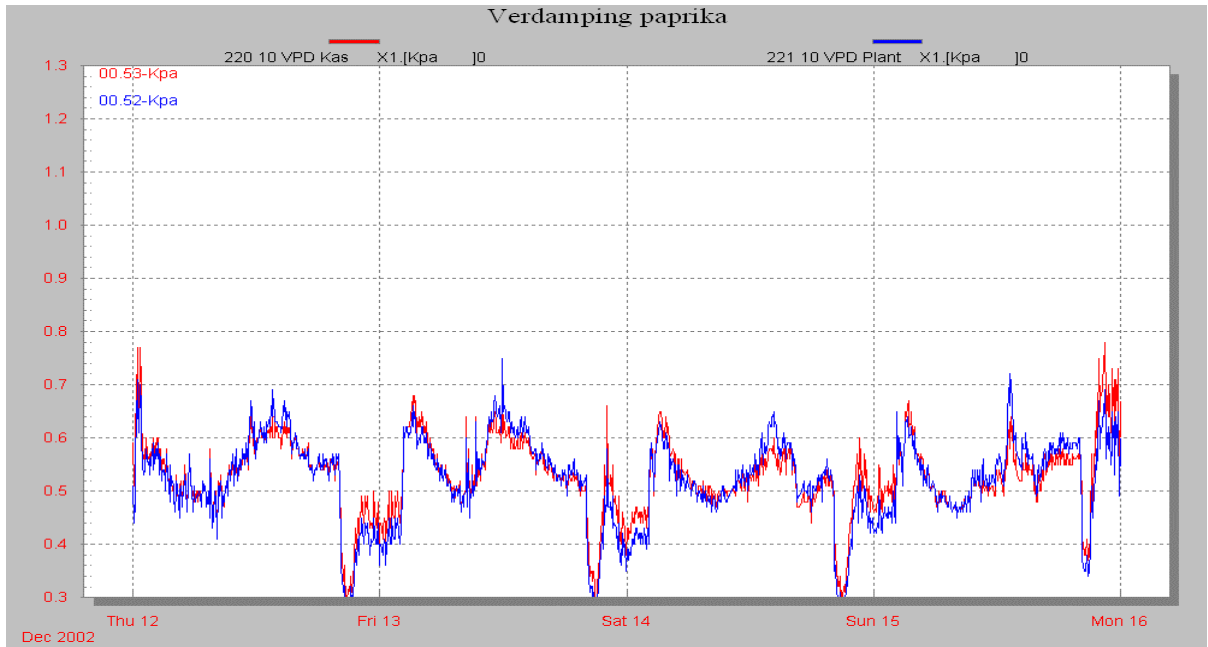
Bijlage e: Verloop groeitoename PPO-meting en Growlab-vruchtdiktemeting paprika afdeling 4 28 november tot en met 3 december 2002 15000 lux



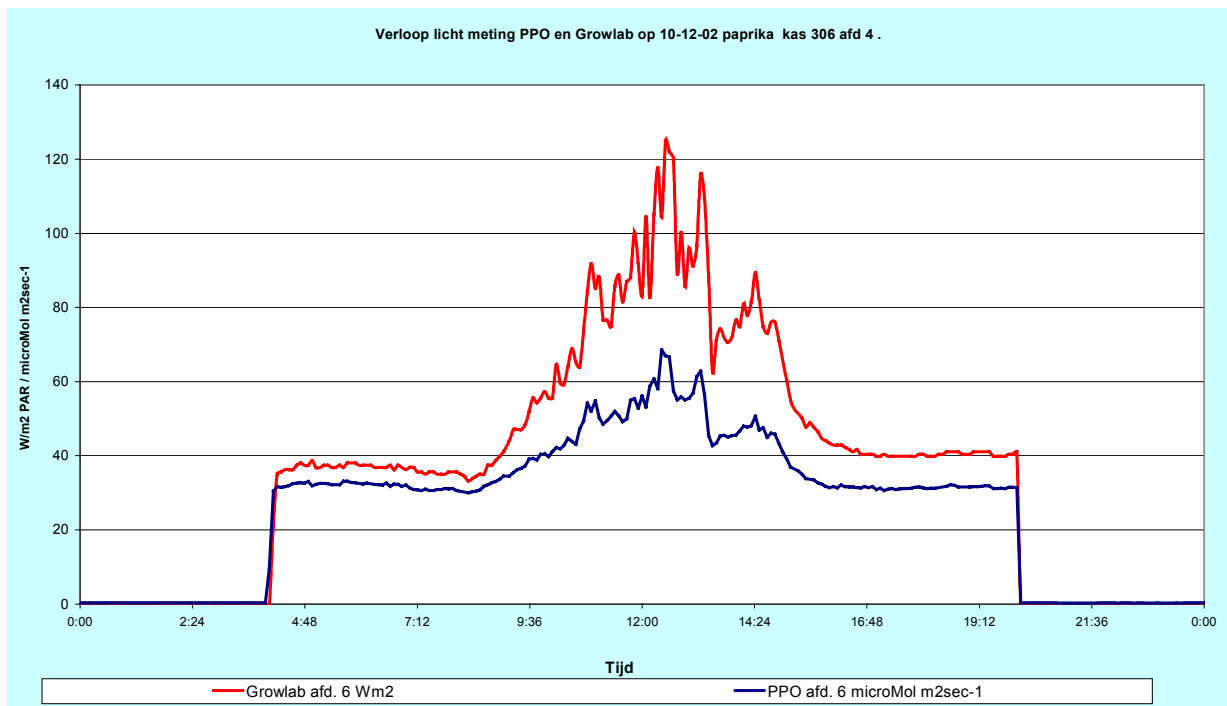
Bijlage f: Verloop Growlab-tensiometermeting paprika (afdeling 4 blauw) en komkommer (afdeling 6 rood) periode 11 december tot en met 16 december 2002 15000 lux



Bijlage g: Verloop VPD-kaslucht (rood) en VPD-plant (blauw) komkommer afdeling 6 15000 lux 12 december tot en met 26 december 2002



Bijlage h: Verloop VPD-kaslucht (rood) en VPD-plant (blauw) paprika afdeling 4 15000 lux 12 december tot en met 26 december 2002



Bijlage i: Dagverloop PPO-lichtmeting en Growlab-lichtmeting 10 december 2002 afdeling 4 kas 306