



WAGENINGEN UR

For quality of life

SynErgie

Monitoringsprotocol voor meten in semigesloten kassen

J.A. Kipp, Th.H. Gieling en M.A. Bruins





SynErgie

Monitoringsprotocol voor meten in semigesloten kassen

J.A. Kipp, Th.H. Gieling en M.A. Bruins

© 2008 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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 Wageningen UR Glastuinbouw

SynErgie maakt deel uit van het programma 'Kas als Energiebron' en is geïnitieerd en gefinancierd door:

- TransForum
- Productschap Tuinbouw
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
- Wageningen UR
- AVAG



Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1 Inleiding	1
2 Protocol: normen voor meetsystemen	3
2.1 Afbakening	3
2.2 Normen voor meetsystemen	3
2.2.1 Luchttemperatuur	3
2.2.2 Luchtvochtigheid	4
2.2.3 PAR	4
2.2.4 CO ₂	5
2.2.5 Planttemperatuur	6
2.2.6 Substraattemperatuur	7
2.2.7 Wateropname van het gewas	7
3 Data-acquisitie	9
4 Het totale meetsysteem	11
5 Literatuur	13
Bijlage I Verslag discussie meetprotocol	3 pp.
Bijlage II Concept projectplan meetprotocol	2 pp.
Bijlage III Projectbeschrijving: monitoring van teeltomstandigheden bij verschillende technische systemen in semigesloten kassen	2 pp.

1 Inleiding

Binnen het project SynErgie wordt door gesprekken met telers en toeleveranciers gewerkt aan de verdere verspreiding van de kennis over geconditioneerd telen. Belangrijk aandachtspunt in de discussies daarover is het klimaat en welke effecten dit heeft op het gewas. Om onderlinge vergelijking mogelijk te maken is een uniform meetprotocol wenselijk. Hiermee kunnen klimaatsverschillen tussen systemen en teelten zichtbaar gemaakt.

Om het bovengenoemde te realiseren is een werkgroep samengesteld die bestaat uit onderzoekers en drie leden van zowel het SynErgie tuinders- als het toeleveranciersplatform.

De werkgroep heeft een opzet gemaakt voor het opstellen van eisen voor de nauwkeurigheid van meetsystemen in de kas. Dit omvat ook het aantal meetsensoren en de positie van de sensoren. Deze opzet is in beide platforms bediscussieerd en goedgekeurd.

Dit protocol richt zich op de metingen van luchttemperatuur, luchtvochtigheid, CO₂-concentratie, PAR, gewastemperatuur, substraattemperatuur en wateropname door het gewas. Bij het opstellen van de eisen is gekeken naar de relevantie van de meetnauwkeurigheid uit het oogpunt van klimaatbeheersing en bedrijfsvergelijking. Verder is rekening gehouden met de praktische haalbaarheid. De apparatuur moet met een redelijke inspanning aan de gestelde normen kunnen voldoen.

Als basis zijn de volgende drie publicaties gebruikt:

- 'Normering van meetnauwkeurigheden van klimaatregeling in kassen' (Van den Berg & De Ruiter, 1998).
- 'Planttemperatuurmeters in kassen' (Brinkman Tuinbouwtechniek, 2004).
- Het effect van fouten bij het meten van licht, temperatuur en CO₂ op de energiebesparing van tuinbouwkassen. Bontsema, J., Th.H. Gieling, J.G. Kornet, E. Rijpsma & G.-J. Swinkels, 2005. Rapport 510 van Agrotechnology & Food Innovations Wageningen.

2 Protocol: normen voor meetsystemen

2.1 Afbakening

Dit protocol richt zich alleen op de nauwkeurigheid van het meetsysteem en geeft geen richtlijnen ten aanzien van de meetapparatuur. Welke sensor wordt gebruikt en hoe deze met de computer is verbonden staat vrij. Als het totale systeem maar aan de gestelde norm voldoet. Richtlijnen voor onderhoud kunnen per sensor verschillen. De richtlijnen die de leverancier van een specifieke sensor opgeeft, dienen hierbij aangehouden te worden. Hetzelfde geldt ook voor de verbinding tussen sensor en computer (transmitter, bekabeling e.d.). De verschillende systemen vragen ieder hun eigen onderhoudsvorschriften. Het is de verantwoordelijkheid van de leverancier om de voorschriften ten aanzien van aanleg en onderhoud zo op te stellen dat het gehele meetsysteem onder alle omstandigheden aan de gestelde eisen blijft voldoen.

Alle meetapparatuur dient op een representatieve plek in de kasafdeling te worden geplaatst. Hierdoor worden alle relevante meetgegevens in hetzelfde meetgebied verzameld. Het resultaat is dat goede analyses kunnen worden uitgevoerd en waar mogelijk, de onderlinge relaties tussen metingen worden versterkt.

Het protocol richt zich alleen op metingen in de kas, er vanuit gaande dat iedere deelnemer een weerstation heeft, dat op adequate wijze wordt onderhouden en gecontroleerd.

2.2 Normen voor meetsystemen

2.2.1 Luchttemperatuur

Meetnauwkeurigheid

De vereiste meetnauwkeurigheid is gesteld op $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, binnen het regelgebied van $5\text{--}25^{\circ}\text{C}$. Het totale meetbereik van de meetapparatuur is gesteld op minimaal 0 tot 40°C .

Motivatie: Een nauwkeurige meting is van belang voor bedrijfsvergelijking en voor het regelen van het klimaat op het bedrijf. Verder is een nauwkeurige temperatuurmeting vooral van belang voor een planmatige productie. Bovengenoemde nauwkeurigheid lijkt praktisch gezien het meest reëel uit oogpunt van verwachte horizontale en verticale temperatuurverschillen in de kas.

Meethoogte en aantal meetpunten

De eis is, dat de voelers voor luchttemperatuur en relatieve vochtigheid zijn ondergebracht in een geventileerde meetbox.

Op twee plaatsen in de kas; bij hoogopgaande gewassen op drie hoogten; bij lage gewassen kan per plaats met één box worden volstaan.

Motivatie: Bij geconditioneerd telen wordt geforceerde luchtbeweging toegepast. Hierdoor ontstaan, gewild of ongewild, verticale en horizontale temperatuurgradiënten. Deze zijn afhankelijk van de wijze en positie van de inblaaspunten. Daarom is gekozen om bij hoog opgaande gewassen op twee plaatsen in de kas op drie hoogten meetboxen aan te brengen. Bij lage gewassen kan worden volstaan met één meetbox op een hoogte van 1m boven het gewas.

Onderhoud

Volgens specificaties van de fabrikant.

2.2.2 Luchtvochtigheid

Meetnauwkeurigheid

De vereiste meetnauwkeurigheid is gesteld op $\pm 3\%$ RV (Relatieve luchtvochtigheid), binnen het regelgebied van 70-90% RV. Het totale meetbereik is minimaal 40 tot 100% RV.

Motivatie: De nauwkeurigheid van de droge- en natte bol temperatuurmeting (en in de praktijk beschikbare capacitatieve meting) is $\pm 3\%$ RV het maximaal haalbare. Daarnaast zal de luchtvochtigheid onder en boven in het gewas niet veel verschillen. De RV onder in het gewas is het belangrijkste i.v.m. natslaan.

Meethoogte en aantal meetpunten

Op twee plaatsen. In principe kan worden volstaan met 1 meting per plaats, gezien bovenstaande motivatie. Wordt gebruik gemaakt van natte en drogebol meting dan wordt op alle hoogten de R.V. gemeten.

Opmerking

Naast de RV wordt gebruik gemaakt van de term vochtdeficit ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) om de luchtvochtigheid in uit te drukken. De nauwkeurigheid en het meetbereik zijn niet zonder meer over te zetten van RV naar vochtdeficit, omdat hierbij ook de temperatuur een rol speelt. Bij de controlemeting wordt naar RV gekeken, daar de klimaatcomputers in de praktijk hier ook vanuit gaan.

Onderhoud

Volgens specificaties van de fabrikant.

2.2.3 PAR

Bij het fotosyntheseprocess gebruikt de plant energie in het elektromagnetische spectrum van 400 tot 700 nm, de zogenoemde Photosynthetically Active Radiation (PAR). Voor een goede bedrijfsvergelijking dient PAR in de kas gemeten te worden.



Figuur 1. Voorbeeld van een PAR sensor. De sensor meet het groeilicht ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

Meetnauwkeurigheid

$\pm 1\%$ tot $10.000 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$

Meeteenheid

De eenheid die gebruikt wordt is $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$. Bij benadering kunnen bij daglicht de volgende omrekeningen voor het PAR-deel naar andere eenheden gebruikt worden:

- $1 \text{ W m}^{-2} (\text{PAR}) \approx 4,6 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2} (\text{PAR})$
- $1000 \text{ lux (PAR)} \approx 19,5 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2} (\text{PAR})$

N.B. Deze factoren gelden alleen in elektromagnetisch spectrum van 400- 700nm.

Meethoogte

De meter dient boven het gewas te worden gemonteerd, maar onder eventuele schermen en belichting.

Onderhoud

Volgens specificaties van de fabrikant.

2.2.4 CO_2

Meetnauwkeurigheid

De vereiste meetnauwkeurigheid is gesteld op ± 30 ppm, binnen het regelgebied van 300-1000 ppm. Het totale meetbereik is minimaal 0 tot 3000 ppm.

Motivatie: Gezien het feit dat CO_2 -concentratie bij geconditioneerd telen aanmerkelijk hoger ligt dan de buitenconcentratie is deze norm toereikend.

Meethoogte en aantal meetpunten

Bij hoog opgaande gewassen moet het aanzuigpunt voor de meting hangen op een derde van de gewashoogte onder de kop. Bij lage gewassen kan op een hoogte van één meter boven het gewas worden gemeten.

Motivatie: De CO_2 -concentratie in de bovenste helft van het gewas is van het grootste belang voor de fotosynthese. De meting moet minimaal een meter vanaf de doseerdarmen worden uitgevoerd om invloed van de dosering te voorkomen (als dit in tegenspraak is met het bovenstaande kan de meting ook bij de kop van het gewas plaatsvinden).

Eén meetpunt per kasafdeling is voldoende.

Motivatie: Meer dan één meetpunt heeft geen zin, want ingrijpen kan alleen per afdeling. De drukverdeling van het doseersysteem moet zo gelijk mogelijk zijn om verschillen in horizontale richting te voorkomen (De Ruiter, 1993). Het meetpunt dient tussen het gewas in de omgeving van het midden van de afdeling te hangen. Bij eventuele afwijkingen in de drukverdeling geeft dit het beste de gemiddelde concentratie weer. De aanzuigtijd mag niet te lang zijn (bij dosering van $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ u}^{-1}$ (= 180 kg CO_2) en weinig fotosynthese neemt de concentratie bij gesloten ramen met ongeveer 35 ppm min^{-1} toe). Voor een goede regeling mag de aanzuigtijd niet langer dan drie minuten zijn.

Onderhoud

Volgens specificaties van de fabrikant. Er dient minimaal eenmaal per drie maanden een nulpunts- en een volle schaalijking uitgevoerd te worden; de volle schaalijking met een concentratie in het belangrijkste regelgebied.

2.2.5 Planttemperatuur

Op basis van praktijkervaring van Wageningen UR Glastuinbouw, LTO-Groeiservice en Brinkman Tuinbouwtechniek, heeft laatstgenoemde een brochure over planttemperatuurmeting uitgebracht, die in de praktijk als standaard is geaccepteerd.

Meetnauwkeurigheid

De planttemperatuur wordt gemeten met een Infrarood camera, waarvan er twee typen op de markt zijn: met een Silicium (Si)- en met een Germanium(Ge) lens. Eerstgenoemde wordt in de tuinbouw het meest toegepast. De Germaniumlens wordt aanbevolen als de afstand tussen de camera en het gewas meer dan twee meter is. De nauwkeurigheid wordt gesteld op $\pm 0,2$ °C.



Figuur 2. Voorbeeld van een planttemperatuursensor zoals geleverd door LetsGrow.com.

Meethoogte en aantal meetpunten

De camera dient onder een hoek van 790 te worden bevestigd op een hoogte waarbij de afstand van de lens tot het gewas 0,5 tot 1,5 m bedraagt. Hierbij zijn de meetspots resp. 1,6 en 13,9 m². Er kan met één camera worden volstaan.

Voor meer informatie over de meetopstelling wordt verwezen naar bovengenoemde brochure.

Onderhoud

Volgens specificaties van de fabrikant (zie 2.1). Daarnaast dient de lens regelmatig te worden gecontroleerd op vervuiling en zonodig deze met een speciale vloeistof worden schoongemaakt.

N.B. Er zijn nog maar weinig sensoren die echt de activiteit van het gewas meten. Deze worden voorsnog niet meegenomen. Wel kunnen zij aanvullend worden geïnstalleerd. Het gaat hier om bijv. Chlorofyl Fluorescentie en gewascamera's.

Voorlopig wordt daarom alleen de planttemperatuurmeting in het protocol opgenomen.

2.2.6 Substraattemperatuur

Uit onderzoek is gebleken dat in sommige geconditioneerde systemen op bepaalde momenten substraattemperaturen voorkomen die enkele graden lager zijn dan de kasttemperatuur, met als gevolg minder bladoppervlak en lagere productie (Kaarsemaker & Van Telgen, 2006). Matverwarming biedt hierbij een oplossing.



Figuur 3. Substraattemperatuur, EC waarde van het poriënwater in de substraatmat en watergehalte van het substraat zijn meetwaarden die met de WET sensor worden gemeten.

Meetnauwkeurigheid

De nauwkeurigheid voor temperatuur wordt gesteld op $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

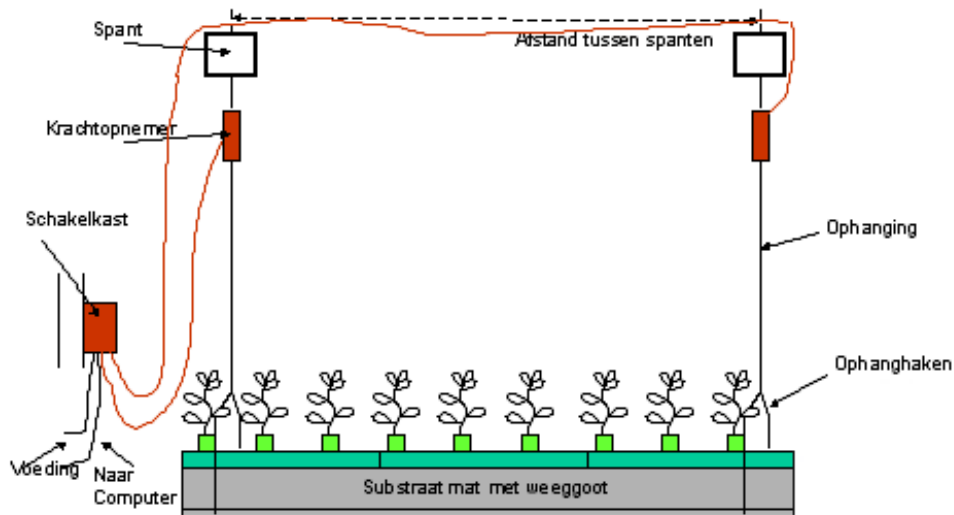
De meetopnemer dient in het midden van het substraat te worden aangebracht.

Onderhoud

Volgens specificaties van de fabrikant.

2.2.7 Wateropname van het gewas

Wateropname en verdamping hebben een sterke relatie met de status van de plant. Op basis van gift en drain met een weegsysteem kan hierin inzicht worden verkregen. Er zijn enkele matwegers op de markt. Ook meer geavanceerde systemen, waarbij ook het plantgewicht wordt gemeten zijn verkrijgbaar, maar worden vooralsnog niet in het protocol opgenomen, omdat deze systemen nog niet breed worden toegepast.



Figuur 4. Voorbeeld van een meetgoot voor wateropname.

Meetnauwkeurigheid

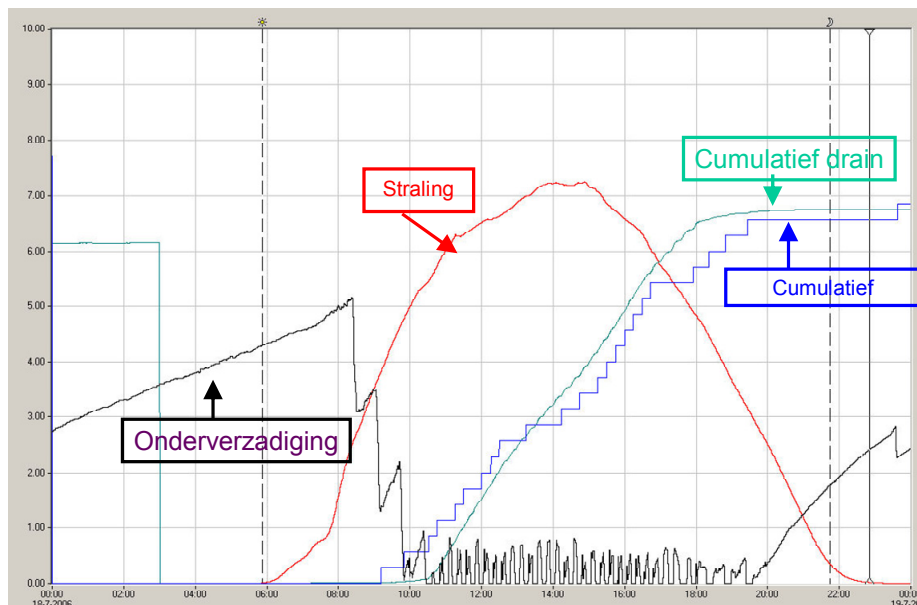
De nauwkeurigheid wordt gesteld op ± 10 gram.

Meetplaats

De weeginstallatie dient te worden geplaatst in het meetgebied van de andere sensoren.

Onderhoud

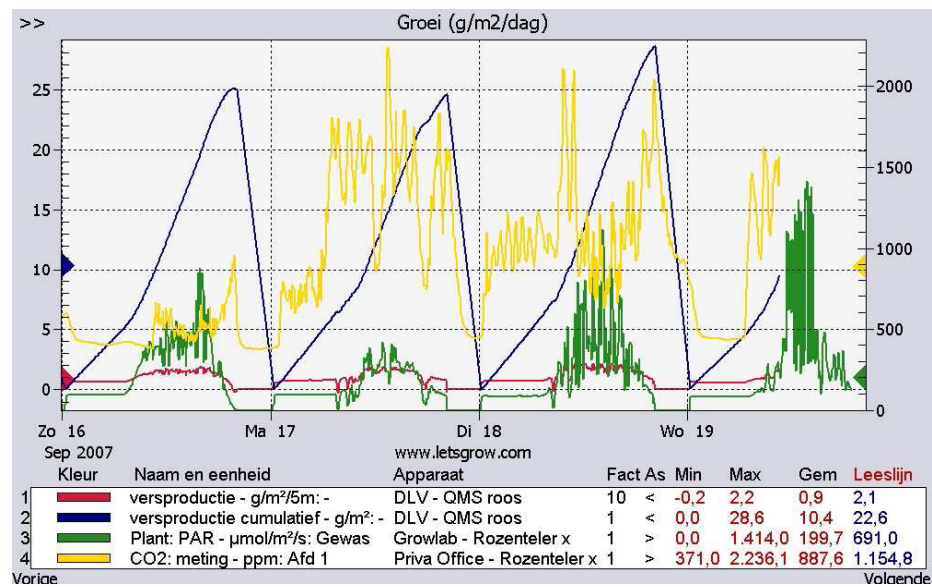
Volgens specificaties van de fabrikant.



Figuur 5. Voorbeeld van meetdata die uit de weeggoet kan worden gehaald.

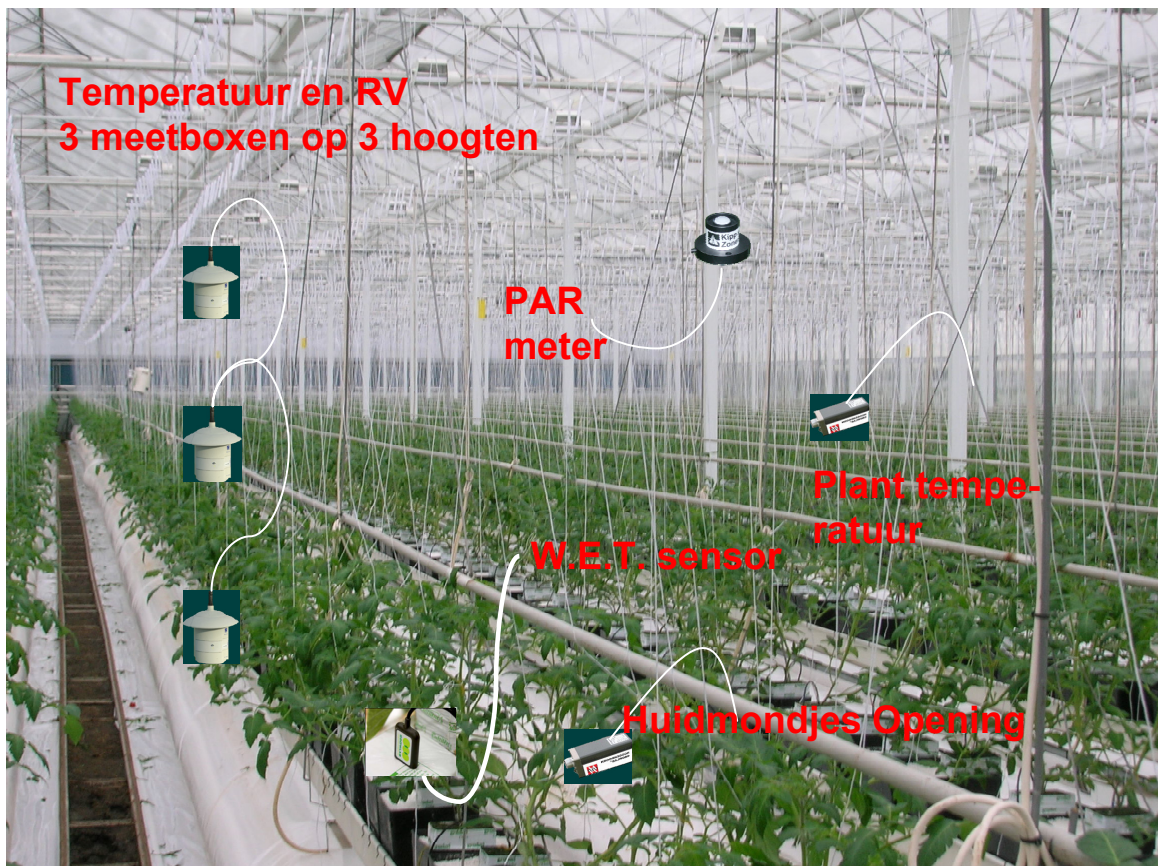
3 Data-acquisitie

Bedrijfsvergelijking vraagt om een robuuste dataopslag en toegang. In de werkgroep (Kipp, 2006), waarin o.a. de drie grote computerfirma's zijn vertegenwoordigd is gekozen voor Letsgrow.com. Het aansluiten van de sensoren en de verbinding van de klimaatcomputer met de internetserver via LetsGrow gebeurt onder volledige verantwoordelijkheid van LetsGrow.



Figuur 6. Een voorbeeld van dataregistratie en weergave via LetsGrow.com.

4 Het totale meetsysteem



Figuur 7. Een opstelling van het totale meetsysteem in de kas.

5 Literatuur

Ammerlaan, H., 2007.

Offerte meetsystemen, invulling conform Meetprotocol Synergie. Offertenummer 20071017-1, Letsgrow.com.

Berg, G.A. van den & H.W. de Ruiter, 1998.

Normering van meetnauwkeurigheden van klimaatmetingen in praktijkkassen. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, vestiging Naaldwijk, ISSN 1385-3015; 146, p 32.

Bontsema, J., Th.H. Gieling, J.G. Kornet, E. Rijpsma & G.-J. Swinkels, 2005.

Het effect van fouten bij het meten van licht, temperatuur en CO₂ op de energiebesparing van tuinbouwkassen. Rapport 510 van Agrotechnology & Food Innovations Wageningen.

Brinkman Tuinbouwtechniek, 2004.

Planttemperatuurmeters in kassen.

Brochure LICOR.

Radiation Measurement Instruments.

De Ruiter, H.W., 1993.

Verdeling en meting CO₂ vaak onder de maat. Groente en Fruit/glasgroente (40), p. 22-23.

Houter, B., 2004.

Voorschriften Meetopstelling Planttemperatuur- en Kasdektemperatuur meters. Uitgave van Brinkman Tuinbouw techniek BV.

Kaarsemaker, R. & H.-J. Telgen, 2006.

Stuurmogelijkheid van bladoppervlak nutriëntenopname tomaat in de gesloten kas met behulp van matverwarming PPO nr. 3241709200, p 41.

Kipp, J. 2006.

Verslag discussie meetprotocol voor vergelijking van teelten in geconditioneerde kassen. Vertrouwelijk verslag van een bijeenkomst in het kader van het project SynErgie gehouden op 8 november 2006 in Naaldwijk.

Veenman, F., 2004.

Planttemperatuurmeters in kassen. Uitgave van Brinkman Tuinbouw Techniek BV.

Veenman, J. 2005.

Eindrapportage Planttemperatuur in Tomaat. Uitgave van LTO Groeiservice BV.

Bijlage I

Verslag discussie meetprotocol

Bijeenkomst in het kader van het project SynErgie gehouden op 8 november 2006 in Naaldwijk

Aanwezig

Ad de Koning	Hortimax
Jan Voogt	Hoogendoorn Automatisering
Rob Schoones	Priva
Ferdi van Elswijk	Prominent
Arie de Gelder	Wageningen UR Glastuinbouw
Jop Kipp	Wageningen UR Glastuinbouw

Afwezig

Herbert Stolker	Tas (Arie de Gelder weet wat bij Tas wordt gemeten)
Theo Ammerlaan	Themato
Cees van der Lans	Van der Lans

Aanleiding

Binnen het project Synergie wordt door gesprekken met telers gewerkt aan de verdere verspreiding van de kennis over geconditioneerd telen. Belangrijk aandachtspunt in de discussies daarover is het klimaat en welke effecten dit heeft op het gewas. Om onderlinge vergelijking mogelijk te maken is een uniform meetprotocol gewenst om klimaatsverschillen tussen systemen en teelten zichtbaar te maken.

In deze bijeenkomst willen we een aanzet tot een dergelijk systeem geven.

Gesprekspunten

Opgemerkt wordt dat naast de teelttechnische vergelijking een vergelijking als energetisch concept een bijdrage kan leveren aan de kennis over de werking van de systemen. Dit punt is niet verder uitgewerkt.

Voor een gestandaardiseerde meetwijze is ijking van de sensoren belangrijk en is een check op de juiste opstelling noodzakelijk.

Normering van meetnauwkeurigheden van klimaatmeting in praktijkkassen

Protocol met normen voor meetsystemen en procedure voor controlemeting (De Ruiter en Rijswijk, 1997). De normen die daarin worden beschreven zijn nog steeds geldig. Hierna Protocol-1997 genoemd. Vergelijkbare eisen voor de sensoren worden gesteld in het **Certificatieschema Groen Label Kas** (Stichting Milieu Keur), zie bijlage.

Er zijn nog maar weinig sensoren die echt de activiteit van het gewas meten en worden vooralsnog niet meegenomen.

Als door beide platforms de hier voorgestelde opzet wordt goedgekeurd, zal een projectplan worden geschreven. Dit plan zal vanuit SynErgie worden gefaciliteerd.

De volgende punten voor meting van het kasklimaat zijn besproken

De meetboxen voor de regeling dienen volgens Protocol-1997 te zijn opgehangen en moeten voldoen aan de daarin gestelde normen.

Gegevens van buitenklimaat dienen volgens standaardmethoden te worden geregistreerd.

Voor vergelijking van het klimaat wordt het volgende voorgesteld

Temperatuur en luchtvochtigheid

Op twee plaatsen in de kas worden op drie hoogtes met geventileerde meetboxen temperatuur en luchtvochtigheid gemeten.

De plaatsing van de meetboxen moet zodanig zijn dat een goed beeld wordt verkregen over de temperatuurverdeling in het gewas. Als voorbeeld tomaat: de bovenste meetbox ter hoogte van de kop van het gewas, de onderste ter hoogte van de vruchten en de een halverwege deze beide.

CO₂

Geen extra meetpunten. De meting moet op de juiste plaats in het gewas plaatsvinden, dat is op een derde van de gewashoogte onder de kop en bij lage gewassen op 1 à 1,5 meter hoogte.

Planttemperatuur

Gemeten met een infraroodcamera die van een veld de temperatuur aan de bovenzijde van het gewas meet.

In de praktijk is de werkwijze van Brinkman als standaard geaccepteerd. Deze meting is niet omschreven in Protocol-1997. Een spotmeting van een blad voldoet niet aan deze eis.

Substraattemperatuur

De substraattemperatuur moet met een geijkte voeler worden opgenomen in het midden van het substraat.

Dit kan bijvoorbeeld in combinatie met een vochtgehalte meter zoals de Grodan-WGM.

PAR in de kas

Meting met een PAR meter gemonteerd boven het gewas en onder scherm en belichting.

Wateropname gewas

Op basis van gift en drain gemeten met een weegsysteem.

Met weegsystemen kan meer informatie worden gekregen, maar dat wordt niet tot de minimumvereisten gerekend.

Scherf

Stand in % open

Belichting

Niveau van assimilatiebelichting.

Luchtverplaatsing in de kas

Berekende geforceerde ventilatie op basis van stand ventilator en ventilatorkarakteristiek.

Data-acquisitie

Voor de onderlinge vergelijking wordt voorgesteld om de gegevens te kunnen uitwisselen via LetsGrow.com.

Als frequentie van gegevensopslag wordt voorgesteld dit met 5 minuten waarden te doen. (Dit is wel genoemd maar niet uitgesproken.)

Apparatuur die mogelijk verder ondersteunend kan zijn

Chlorofyll-Fluorescentie (Plantivity)

Gewascamera beelden (RGB)

Naast de bovengenoemde metingen zijn de standaardmetingen

Buitenklimaat:

T, RV, windrichting, windsnelheid, straling

Kasklimaat:

T, RV, CO₂, Raamstand

Sensoren volgens Certificatieschema Groen Label Kas

Zwaar	Licht	Eis	Actie bij controle voorlopig certificaat	Actie bij controle oplevering	Actie bij periode controle
1.10	2.9	NKO-geijkte sensoren (regelvoelers) of sensoren geijkt volgens gelijkwaardige methode. Sensoren die onder de regeling vallen zijn de sensoren voor meting van de kaslucht- en de buis-temperatuur, luchtvochtigheid en CO ₂ -gehalte van de kaslucht. Afwijking temperatuur: +/-0,2°C in het regelgebied van 5-25 °C Afwijking luchtvochtigheid: +/-3% RV in het regelgebied van 70-90% +/-5% RV in het regelgebied 50-70% Afwijking CO ₂ -concentratie: +/-30 ppm in het regelgebied van 300-1000 ppm	In de aanbieding controleren of aan de eisen kan worden voldaan.	Controleren of aan de eisen wordt voldaan. Controle gebeurt met een NKO-geijkte handmeter voor: - Kasluchttemperatuur in het midden van een stookafdeling - Luchtvochtigheid op een representatieve plaats in de kas - CO₂-gehalte op een representatieve plaats in de kas	Minimaal in jaar 3, 6 en 9. Idem als bij oplevering.
1.12	2.10	Aansluiting op externe warmtebron (restwarmte*) is verplicht indien:	In de aanbieding controleren of aan de eisen kan worden voldaan.	Controleren of aan de eisen wordt voldaan.	Minimaal in jaar 3, 6 en 9. Idem als bij oplevering.
3.16	4.16	Het vervangen van de stralingsmeter op de meteomast door een geijkte gereviseerde stralingsmeter. De frequentie voor het vervangen van de stralingsmeter bedraagt 1x per 2 jaren.	In de aanbieding controleren of aan de eisen kan worden voldaan.	Controleren of aan de eisen wordt voldaan met behulp van servicecontract-rapport, aanwezigheid stralingsmeter op de meteomast.	Minimaal in jaar 3, 6 en 9 controleren d.m.v. controle van het servicecontract en nota's of aan de eis wordt voldaan.

Bijlage II

Concept projectplan meetprotocol

Projectplan

Aanleiding en probleemstelling

Binnen het project Synergie wordt door gesprekken met telers gewerkt aan de verdere verspreiding van de kennis over geconditioneerd telen. Belangrijk aandachtspunt in de discussies daarover is het klimaat en welke effecten dit heeft op het gewas. Om onderlinge vergelijking mogelijk te maken is een uniform meetprotocol gewenst om klimaatsverschillen tussen systemen en teelten zichtbaar te maken.

Doelstelling

Realisatie van een meetprotocol, waarmee ondernemers de prestaties van verschillende bedrijven en kassystemen objectief kunnen beoordelen en vergelijken.

Inpassing

Er is rapport over Normering van meetnauwkeurigheden van klimaatmeting in praktijkkassen: Protocol met normen voor meetsystemen en procedure voor controlemeting (De Ruiter en Rijswijk, 1997). Vergelijkbare eisen voor de sensoren worden gesteld in het Certificatieschema Groen Label Kas (Stichting Milieu Keur). Deze protocollen zullen als uitgangspunt worden gebruikt, maar deels aangepast, en vooral uitgebreid worden.

Plan van Aanpak

1. Inventarisatie van sensoren en teeltvergelijkingssystemen
2. Keuze meetinstrumenten en vergelijkingssysteem
3. Beschrijven type sensoren met specificatie
4. Bepaling teeltbegeleidingssysteem
5. Gebruikerstest meetprotocol
6. Rapportage

Ad 1. Inventarisatie van sensoren en teeltvergelijkingssystemen

Uit beide platforms zal een werkgroep worden samengesteld, die een inventarisatie maken van de gewenste en noodzakelijke metingen en de analyse daarvan.

Ad 2. Keuze meetinstrumenten en vergelijkingssysteem

De resultaten zullen aan beide platforms worden voorgelegd, waarna een keuze zal worden gemaakt.

Ad 3. Beschrijven type sensoren met specificatie

In deze fase zullen naast de keuze van sensoren ook de volgende zaken worden vastgelegd: eenheden van gemeten waarden, specificaties voor alle te gebruiken sensoren, richtlijnen voor opstelling en richtlijnen voor ijking en onderhoud van de meetopstellingen.

Ad 4. Teeltbegeleidingssysteem

Met aanbieders van deze systemen zal worden bekeken welk systeem het best voldoet.

Ad 5. Gebruikerstest

Het protocol zal worden getest door een beperkt aantal gebruikers om te waarborgen dat het protocol beantwoordt aan de verwachtingen en de wensen van de gebruikers.

Ad 6. Rapportage

Een bundeling van relevante documentatie zal in een rapport worden vastgelegd en er zal een handleiding van het protocol worden gemaakt

Bijlage III

Projectbeschrijving: monitoring van teeltomstandigheden bij verschillende technische systemen in semigesloten kassen

Doelstelling

Technische doelstellingen

Aanreiken van gereedschappen aan de technische systeemontwerpers om oplossingen te kunnen samenstellen uit combinaties van gangbare (en mogelijk nieuw te ontwikkelen) systeemonderdelen in semigesloten kassen gericht op een effectievere en energiezuinige beïnvloeding van het klimaat en de ruimtelijke verdeling.

- Het objectief meten van horizontaal en vertikaal verdeelde klimaatdata in een 7 tal semi-gesloten kassen met verschillende technische uitvoeringsvormen. Daarbij wordt aangesloten bij de op dit moment in de praktijk aanwezige systemen zoals met en zonder buitenlucht-menging, boven en onder inbrengen van koude/warme lucht, gedistribueerde koelers of centraal met verdeelslurven, gebruik van het scherm, etc.
- Realiseren van een gebruikerinterface met achterliggende berekeningen om de data gereed te maken voor interpretatie door het onderzoek en de ondernemers, in termen die voor de tuinder toegankelijk zijn en die relevant zijn voor een objectieve discussie over de verschillende systemen (dus niet alleen grafische weergave van temperatuur en RV, maar tevens relevante grootheden en kentallen die samenhangen met de aard van de technische installatie, zoals koelvermogen en onttrokken energie, mate van be- of ontvochtiging).
- Het gebruik van deze data (met aanvullende metingen) voor het opstellen, kalibreren en valideren van een ruimtelijke beschrijving (CFD model). Modelsimulatie is nodig vanwege de grote verschillen tussen de systemen waardoor een vergelijking uitsluitend op basis van metingen op specifieke locaties niet mogelijk is. CFD geeft het totale beeld van het kasklimaat waarmee wel inzicht verkregen kan worden in de ruimtelijke verdeling van temperatuur en RV en luchtbeweging bij verschillende technische systemen bij verder identieke condities. Het bepalen van de wenselijke condities komt voort uit het verdiepende gewaskundige onderzoek en door het teeltplan van de betrokken ondernemer en zijn klimaatinstellingen.
- Vaststellen van de invloed van de eigenschappen van systeemonderdelen op de verdeling.
- Deelnemende ondernemers vullen het onderzoek aan met hun kennis en inzicht opgedaan tijdens het gebruik van de installaties. Ze vergroten hun eigen ervaring en die van de onderzoekers door op elkaars bedrijven het effect te beoordelen van de systemen op de stand van het gewas. Samen met de ondernemers aan het einde van het project de ervaringen bij de verschillende systemen neerleggen in conclusies in relatie tot het gebruik van de beschikbare installaties. Deze informatie kan op de site van Energiek2020 en artikelen in de vakbladen worden geactualiseerd.

Energiedoelstellingen

Om de ambitieuze doelstellingen voor 2020 van 30 tot 45% reductie van de CO₂ emissie en *'Nieuw te bouwen kassen zijn in 2020 energieneutraal en nagenoeg onafhankelijk van fossiele energie.'* te kunnen realiseren is sprake van een grote verandering voor wat betreft teeltmethodiek en productiesystemen ten opzichte van de huidige gangbare situatie. Geconditioneerde kassen kunnen door hun hoge energiebesparingpotentie een belangrijke bijdrage leveren aan de bovengenoemde doelstelling voor CO₂ emissie. De focus van dit onderzoek ligt op één van de twee belangrijke vragen die de voorlopers hebben, nl. op het gedrag van de klimaatsbepalende variabelen temperatuur-RV verdeling, luchtbeweging en gewasverdamping in de geconditioneerde kassen. De verticale verdeling wordt continue gemonitord via de vaste opstelling en de horizontale verdeling en luchtbeweging via mobiele meetsets.

De antwoorden op deze vragen moet zowel bijdragen aan de optimale inzet van installaties in geconditioneerde kassen en ondernemers tevens de mogelijkheid bieden om gerichter te kunnen kiezen bij investeringen in gesloten kassen en het operationeel gebruik daarvan gericht op het bereiken van een kwantitatief en kwalitatief goede productie in combinatie met energiebesparing (waarbij de doelstelling is om aanzienlijk verder te komen dan de meest recente praktijk resultaten van 15%).

Werkzaamheden, werkwijzen

WP1: De betrokkenheid van de ondernemers in de sector wordt bevorderd door de discussie over teeltomstandigheden bij verschillen technische systemen in semigesloten kassen tussen innovators en early adaptors te voeren ten overstaan van de sector, via verslaglegging van deze discussie en samenvatting in voor de sector toegankelijke media. De discussie wordt gevoerd op basis van objectieve informatie tussen ondernemers onderling; samen voeren zij de discussie met de onderzoekers en toeleveranciers van technische installaties, daarbij ondersteund door specialisten op gebied van klimaatbesturing en gewas.

WP2: Relevante betrouwbare datasets met klimaatinformatie van de verschillende systemen in semigesloten kassen. De datasets zijn onderling objectief vergelijkbaar. De datasets maken het mogelijk te voldoen aan de doelstelling: gebruik van objectieve informatie bij de discussies met de deelnemende ondernemers in WP1 en gebruik van de data voor de CFD benadering in WP3

WP3: Inzicht in het gecreëerde klimaat dat in de verschillende bestaande geconditioneerde systemen wordt gerealiseerd. Inzicht in de invloed van deelsystemen op het totaal en op de teeltomstandigheden. De analyse via model-simulaties van de systemen levert inzicht in mogelijke verbeteringen op. Uiteindelijk moet dit leiden tot een beter beheer van de geconditioneerde ruimte. Tussen- en eindrapporten leveren hier de informatie aan de opdrachtgever. Regelmatige publicaties van (tussen)resultaten op vaste plekken in vakbladen en op de website Energiek2020 zorgen voor de gevraagde korte lijnen in de kennisverspreiding.

WP4: Projectleiding, penvoerder en projectoverleg

Kennisoverdracht en communicatie

- De (tussen) resultaten worden besproken binnen het ondernemersplatform en via (interactieve) presentaties op de website Energiek2020 aan deelnemende en overige tuinbouw ondernemers en toeleverende industrie getoond (naar voorbeeld van 'Kijk in de kas').
- Eén of meerdere seminars gedurende de looptijd van en aan het einde van het project worden georganiseerd voor informatieoverdracht. Via dit kanaal wordt de sector actief op de hoogte gehouden van het resultaat en de kansen die deze resultaten kunnen bieden.
- De algehele communicatie vanuit dit project wordt ingebed in het totaal communicatieplan dat in overleg met de financiers voor het Versnellingsprogramma moet worden opgezet
- De (tussen)resultaten van dit project worden vastgelegd in openbare rapporten. Het eindrapport wordt via de website van Productschap Tuinbouw verspreid en via www.Energiek2020.nu. De samenvatting van dit rapport wordt zo geschreven dat dit aan de vakpers kan worden aangeboden als artikel en als een bijdrage op de website.
- Door de directe betrokkenheid van tuinders bij de uitvoering zijn de resultaten beter gericht op de acceptatie door tuinders. Tussenresultaten worden zo ook direct in de praktijk uitgedragen via het informele tuinders netwerk en LTO Groeiservice. Lezingen worden gepland voor landelijke gewascommissie(s) en voorlichtings-avonden voor telersgroepen.
- Alle tussenresultaten zullen op de vaste Wageningen UR Glastuinbouw pagina van 'Onder Glas' worden gepubliceerd tijdens de looptijd van het project. Er worden artikelen aangeboden aan de vakpers. De informatie wordt gericht toegankelijk gemaakt voor geïnteresseerde toeleveranciers via het te vormen toeleveranciers-platform, zodat deze de juiste producten kunnen ontwikkelen.