WAGENINGEN UR
For quality of life

HortiModel 2006
Ontwikkelingen voor teelt en energiegebruik in de Nederlandse glastuinbouw

Anja Dieleman & Leo Marcelis






Productschap Tuinbouw
Voor een bloeiende zaak

landbouw, natuur en voedselkwaliteit

Nota 437

WAGENINGEN UR
For quality of life

HortiModel 2006
Ontwikkelingen voor teelt en energiegebruik in de Nederlandse glastuinbouw

Anja Dieleman & Leo Marcelis

Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen
januari 2007

Nota 437

© 2007 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.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Bornsesteeg 65, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

		pagina
1.	Inleiding	1
2.	Ontwikkelingen besproken op HortiModel	3
2.1	Gewasgroeimodellen	3
2.2	Methodologie, aggregatie en schaal	5
2.3	Modellen en sensoren	5
2.4	Energiebesparing	5
2.5	Klimaatregeling	6
2.6	Beslissingsondersteunende systemen	7
2.7	Water en nutriënten	7
2.8	Gewasfysiologie	8
2.9	Kwaliteit	8
3.	Trends en ontwikkelingen	9
4.	Inbreng vanuit het energieprogramma van PT en LNV	11
5.	Communicatie	13
Bijlage I.	Programma Hortimodel 2006	3 pp.

1. Inleiding

Van 29 oktober tot 2 november werd in Wageningen het HortiModel congres georganiseerd, het 3e internationale symposium over modellen en hun toepassing in de tuinbouw. Dit congres werd georganiseerd door Ep Heuvelink (Wageningen Universiteit, leerstoelgroep Tuinbouwproductieketens) in samenwerking met Leo Marcelis, Wim van Meurs, Cecilia Stanghellini, Wim Voogt (Wageningen UR Glastuinbouw), Gerrit van Straten en Susana Carvalho (Wageningen Universiteit).

HortiModel 2006 werd mede mogelijk gemaakt door:
- Productschap Tuinbouw, Zoetermeer
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Den Haag
- Bosch Iveka, Poeldijk
- Cutilène, Tilburg
- Eijkelkamp, Giesbeek
- Gakon, Wateringen
- Grodan, Roermond
- Groen Agro Control, Delfgauw
- Hoogendoorn Automatisering, Vlaardingen
- LetsGrow, Vlaardingen
- Priva Hortimation, De Lier
- Rabobank, Utrecht
- Revaho, Maasland
- SQM EUROPE, Antwerpen, België
- C.T. de Wit onderzoeksschool PE&RC, Wageningen
- Plant Research International, Wageningen
- PPO, Naaldwijk
- Wageningen Universiteit, Wageningen

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van nieuwe ontwikkelingen die op dit congres zijn gepresenteerd en besproken, met name op het gebied van energiebesparing in de glastuinbouw.

2. Ontwikkelingen besproken op HortiModel

Tijdens het HortiModel congres 2006 stonden de volgende onderwerpen centraal:
- Gewasgroeimodellen
- Combineren van sensoren en modellen
- Energiebesparing
- Klimaatregeling
- Water- en nutriëntenmanagement
- Gewasfysiologie
- Productkwaliteit
- Methodologie, aggregatie en schaal
- Beslissingsondersteunende systemen.

Het congres bestond uit 3 dagen met presentaties en postersessies en 1 dag excursie, waarin een bezoek werd gebracht aan de Energieleverende Kas, een aubergine- en een Phaleanopsisteler in Bergerden en een paprikateler in Est.

De drie congresdagen waren ingedeeld in blokken, waarbij in 1 of soms 2 blokken één van bovengenoemde onderwerpen werd behandeld. In deze blokken waren 2 tot 4 sprekers die hun onderzoeksresultaten op dit gebied toelichtten, waarna in een algemene discussie het onderwerp plenair werd besproken. Per dag was 1 postersessie, waarin in kleine groepen een aantal posters werd besproken.

In het gehele congres was de Nederlandse inbreng groot. Van de ca. 140 deelnemers waren er ca. 50 uit Nederland afkomstig. Niet alleen vanuit de universiteiten (Wageningen, Utrecht, Enschede) of onderzoeksinstituten, maar ook het tuinbouwbedrijfsleven was goed vertegenwoordigd, met deelnemers van voorlichtingsorganisaties, klimaatcomputerleveranciers, substraatleveranciers, zaadbedrijven en energiebedrijven.

Het programma van het congres is opgenomen in Bijlage I.

Uit de verschillende sessies kwamen de volgende ontwikkelingen op het gebied van modellen, teelt en energiegebruik naar voren:

2.1 Gewasgroeimodellen

1. Stengeldiameter

In de glastuinbouw wordt veel gebruik gemaakt van sensoren om de status van een gewas te meten. Eén van deze sensoren is een verplaatsingsmeter, die gebruikt wordt om veranderingen in de stengeldiameter te meten. Veranderingen in de stengeldiameter worden bepaald door twee processen, namelijk irreversibele diktegroei van de stengel, en krimpen en uitzetten door veranderingen in de hoeveelheid water opgeslagen in de cellen. Een correcte interpretatie van dit samengestelde signaal is nodig om het signaal op de juiste wijze te kunnen interpreteren. Door Kathy Steppe van de Universiteit van Gent, België werd een model gepresenteerd waarmee het meetsignaal ontleed kan worden in de beide delen. Dit is gedaan voor een jonge berkenboom, maar is ook toepasbaar voor siergewassen en (vrucht)groentegewassen.

2. Paprikamodellen

Er werden op dit congres drie aanpakken voor het modelleren van groei en productie van paprika gepresenteerd. De eerste benadering werd gepresenteerd door Hans Schepers van AFSG van Wageningen UR. Zijn 'transportband' model, onderdeel van de hele keten van productie tot afzet, gaat uit van één assimilatenvoorraad in de plant.

Beperking van de hoeveelheid assimilaten leidt in dit model tot abortie van jonge vruchten, resulterend in 'vluchten' in de productie. Het model is nog niet gevalideerd. Een tweede benadering werd gepresenteerd door Fokke Buwalda, van Wageningen UR Glastuinbouw. Met zijn Papigrow model is het afgelopen jaar meegerekend met twee paprika-teelten binnen het Energieprogramma. In een posterpresentatie werd het INTKAM model van Wageningen UR Glastuinbouw gepresenteerd door Leo Marcelis. Deze presentatie richtte zich met name op de validatie van dit model in een serie experimenten zowel in Nederland als in Frankrijk.

3. 3D modellering

Door Pieter de Visser (Wageningen UR Glastuinbouw) en Katrin Kahlen (Universiteit van Hannover, Duitsland) werden de mogelijkheden van het gebruik van driedimensionale modellen toegelicht. De 3D modellen zijn nieuw, en krijgen momenteel internationaal veel aandacht. De ontwikkelingen in de 3D modellering gaan erg snel. De essentie van dit type modellen is dat de opbouw en structuur van afzonderlijke planten en het gewas gesimuleerd wordt. Dit biedt grote mogelijkheden om processen in de plant nauwkeuriger te simuleren dan met de gangbare modellen het geval is. Bijvoorbeeld op het gebied van de lichtabsorptie door afzonderlijke bladen, transport van assimilaten, hormonen, etc. in de plant en onderlinge beïnvloeding van planten. Voor chrysant bleek Wageningen UR Glastuinbouw reeds in staat om de invloed van temperatuur en assimilatenvoorziening zowel op orgaan- als op plantniveau te berekenen, om daarmee het uiterlijk en de sierwaarde van de plant te bepalen. Deze modellen kunnen van grote waarde zijn voor de glastuinbouw. Er zijn echter wel veel gedetailleerde gegevens nodig om dit type modellen te bouwen en toe te passen in de praktijk.

De algemene discussie over modellen richtte zich op de vraag waar het met de modellen in de komende jaren naar toe zal gaan. Door de aanwezige deskundigen werd aangegeven dat:

- Ontwikkeling van de software pakketten waarbinnen de modellen draaien de komende jaren door zal gaan.
- Om toegepast te worden in de praktijk de modellen simpel te bedienen zullen moeten zijn, en bijvoorbeeld via internet beschikbaar moeten komen. Daarbij werd onmiddellijk de opmerking gemaakt dat de bediening wel simpel moet worden, maar de modellen zelf zeker niet. Om te voorkomen dat de resultaten van het model te zeer afhankelijk zijn van de specifieke kenmerken van het bedrijf waarvoor ze gebruikt worden, zullen ze vaak toch uitgebreid en complex blijven.
- Uit modellen zullen beslissingsondersteunende tools komen, om bijvoorbeeld te beslissen wanneer schermen geopend moeten worden, hoeveel er geventileerd moet worden etc.
- Modellen zullen modulair opgebouwd moeten worden.
- Sensorinformatie noodzakelijk is om de modellen te koppelen aan de realiteit.
- Relaties op genniveau zitten nu over het algemeen niet in de modellen. Het lijkt erg zinvol om uit de set genetische eigenschappen af te kunnen leiden wat de groei, ontwikkeling en productie van een specifiek ras of genotype zal zijn onder variabele klimaatomstandigheden. Met name veredelaars zijn hierin erg geïnteresseerd.

Een aantal modellen werd tijdens het congres gedemonstreerd, te weten:

- Decision Support Systems van LetsGrow.com.
- Decision Support Systems van Grodan.
- GLASSIM - Greenhouse-Crop simulator for computer-aided learning door Menno Bakker.
- The CROPGRO model and the DSSAT V4 Software door Ken Boote.
- Optimal control of sweet pepper production door Fokke Buwalda.
- Information system for water and nutrients (Hydrion-line) door Anne Elings.
- Cultivating plants in Scilab environment door M. Kang.
- Prediction of the Na or Cl concentration in the drainage solution in closed hydroponic systems door D. Savvas.
- Vensim door Hans Schepers.
- Decision support model for N management in organic greenhouse horticulture door Pieter de Visser.
- 3D modelling of Chrysanthemum door Pieter de Visser.

2.2 Methodologie, aggregatie en schaal

1. Sturen van water- en nutriëntengift

Door Gerrit van Straten, Wageningen Universiteit, werd toelichting gegeven op een model dat gebruikt kan worden om de water- en nutriëntengift te sturen, zodanig dat het beste compromis tussen ontsmettingskosten van het gerecirculeerde water en het inkomen uit productie bereikt wordt. Dit model, genaamd 'Big leaf, big fruit, big substrate' is in een experiment getest en bleek daarin goed te voldoen. Het model maakt gebruik van metingen van concentraties van afzonderlijke ionen. Het positieve resultaat van de praktijktest van dit model maakt het mogelijk deze vorm van sturen van water- en nutriëntengift in de toekomst in de glastuinbouw toe te gaan passen.

2.3 Modellen en sensoren

1. Modellen en sensoren in sturing van kasklimaat

Ad de Koning, Hortimax, schetste de ontwikkeling van de sturing van kasklimaat sinds deze sturing nodig was. Thans zijn we verzand in een enorme hoeveelheid setpoints voor aansturing van ramen, verwarmingssysteem, CO_2 dosering etc., maar ook setpoints voor de invloed op de setpoints. Met andere woorden, iets dat voor een tuinder niet meer te overzien is. Ad de Koning gaf aan dat er behoefte is op 'feed forward' controle gebaseerd op modellen, waarbij er vanzelf nieuwe setpoints gegenereerd worden als de klimaatomstandigheden veranderen. Om dit model van gegevens te voorzien zijn sensoren nodig, die duidelijke informatie moeten leveren, duurzaam en robuust moeten zijn, goedkoop zijn, generiek en die goed bevestigd kunnen worden in een kas. Goede voorbeelden van sensoren die ontwikkeld zijn, zijn de meetgoot, die de verdamping meet, en een kunstvrucht, die wordt gebruikt voor de sturing van de vochtregeling, met name om condensatie te voorkomen. Hiermee kan energie bespaard worden t.o.v. het standaard aanhouden van een vaste maximale luchtvochtigheid. De route naar een optimale besturing van kas en gewas loopt volgens Ad de Koning via sensoren voor het monitoren van de gewasstatus naar systemen die waarschuwen als er iets fout dreigt te gaan. Vervolgens naar de controle van het gewas en via beslissingsondersteunende systemen uiteindelijk naar een optimale controle van het gewas.

Tijdens de discussie werd aangegeven dat een sensor vaak een beperkt oppervlak aan planten of slechts aan één plant meet. Voor tuinders is de drempel nog erg groot van dit meetoppervlak naar het regelen van meerdere hectares kasoppervlak. Er zal eerst nog duidelijker aangetoond moeten worden wat de mogelijkheden en beperkingen zijn van het regelen van het hele bedrijf op een klein oppervlak van een sensor voordat de tuinders hier op over zullen stappen.

2.4 Energiebesparing

1. Modeltoepassingen voor energie-efficiënte kassen in Nederland: ontwerp van kassen, operationele controle en beslissingsondersteunende systemen

Door Sjaak Bakker werd een overzicht gegeven van de toepassing van modellen in het ontwerp van kassen en kasinrichting, de operationele controle hiervan en de evaluatie van energiezuinige kassystemen in Nederland. Op het gebied van kasdekmaterialen gaan de ontwikkelingen richting materialen met een hoge isolatiewaarde gecombineerd met een hoge lichtdoorlatendheid. Een recente ontwikkeling in verwarmingssystemen is de ontwikkeling van een tool om het verwarmingsnet optimaal in te zetten. Hierbij wordt het verwarmingssysteem in verschillende secties en een onafhankelijk regelbaar gevelnet verdeeld. Dit leidt tot een veel betere temperatuurverdeling en een verbetering van de energie-efficiëntie. Recente toepassingen van integrale ontwerpen van energie-efficiënte kassen zijn het zonnekas concept, de gesloten kas en de kas in energiegrid. Ontwikkelingen gaan nu in de richting van 'optimal control', waarbij het van belang is dat een model zo geschreven is dat het ingepast kan worden in optimalisatieprocedures.

2. Energiebesparing in kassen: optimaal gebruik van klimaat en teeltsysteem

Door Anja Dieleman werd een overzicht gegeven van onderzoek dat in de afgelopen jaren is uitgevoerd aan een aantal energiebesparende maatregelen en de reacties van het gewas hierop. Op het gebied van temperatuur zijn met name verlaging van het setpoint verwarmen en temperatuurintegratie maatregelen om het energiegebruik te verlagen. Daarbij levert verlaging van de temperatuur echter wel een verminderde groei en productie op. Het plukken van de onderste bladeren bij gewassen die aan het einde van de teelt een hele hoge LAI kunnen hebben levert energiebesparing op door een verlaging van de verdamping van het gewas, zonder dat het productie kost. Energieschermen verminderen de hoeveelheid licht in de kas, maar hebben wel een hoge isolatiewaarde. In een modelstudie is een afweging gemaakt van energiebesparing (in € per m^3 gas) tegen productieverlies (in € per kg tomaat), die leidt tot een ondersteuning van de beslissing wanneer het scherm geopend moet worden. Het integreren van alle kennis op gebied van energiebesparing en gewasreacties leidt tot een inschatting dat 25% energiebesparing ten opzichte van wat nu standaard is mogelijk is. Kenmerken van zo'n teeltstrategie zijn lage temperatuursetpoints, hoge luchtvochtigheden, gebruik van energieschermen en vloeiende overgangen in setpoints van de kasklimaat-regelaar.

3. Meerdaagse temperatuurinstellingen op basis van de assimilatenbalans: een simulatiestudie

In plaats van het hanteren van vaste setpoints voor temperatuur is het ook mogelijk om de temperatuur te regelen op basis van de assimilatenbalans van de plant, de verhouding tussen de aanmaak en behoefte aan assimilaten. Anne Elings gaf een toelichting op dit principe, en liet resultaten zien van modelberekeningen die gedaan zijn om de potentie van deze aanpak te bepalen. Een regeling gebaseerd op de assimilatenbalans leidde tot een toename van de productie of een verlaging van het energiegebruik. Het onderliggende mechanisme was dat een groter aandeel van de totale geproduceerde droge stof in de vruchten terecht kwam, en dat een meer stabiele vruchtgrootte, lengte en leeftijd gerealiseerd werd in de nieuwe klimaatregeling.

2.5 Klimaatregeling

1. De rol en vooruitzichten van modellen in de teelt en klimaatregeling in traditionele Chinese zonnekassen

Weihong Luo gaf een beschrijving van de Chinese energiezuinige zonnekassen en de rol die modellen zouden kunnen spelen in het regelen in deze kassen. Deze kassen kenmerken zich door een dikke (klei)muur aan de noordkant, die overdag opgewarmd wordt door de zon en 's nachts deze warmte weer afgeeft aan de kas, waardoor deze (enigszins) op temperatuur blijft. Een aantal problemen die in deze kassen spelen zijn de heterogeniteit van het kasklimaat, de lage lichtintensiteit in de kas, beperkte ventilatiecapaciteit, inefficiënt nutriëntengebruik en extreme weersomstandigheden. Onderzoek in de toekomst zal zich richten op het verbeteren van de lichtverdeling in de kas, mogelijk met reflecterende folies op de noordmuur. Hierbij wordt een evenwicht nagestreefd tussen de behoefte aan warmte-opslag in die muur en de behoefte aan licht(reflectie). Verder zal met CFD software gekeken worden naar de manier waarop de ventilatie geoptimaliseerd kan worden, zowel het moment van ventileren als de ventilatievoud. Om modellen te gebruiken die niet voor Chinese omstandigheden zijn ontwikkeld, is modelparameterisatie iets dat nog verbeterd moet worden.

In de discussie over energiebesparing en klimaatregeling werd gesteld dat Nederland op dit moment voorop loopt in het energieonderzoek, hetgeen duidelijk bleek uit het aantal presentaties en de kwaliteit er van, en het grote aantal posters vanuit Nederland over dit onderwerp. Er werd een vraag gesteld over de mogelijkheden van locale verwarming van het wortelstelsel (matverwarming) zodat minder energie nodig is om de hele kas te verwarmen.

2.6 Beslissingsondersteunende systemen

1. CLOSYS: Gesloten systeem voor water en nutriënten in de glastuinbouw

Door Leo Marcelis werden de opzet en resultaten van een EU project over een gesloten systeem voor water en nutriënten toegelicht. Dit systeem bestaat uit een aantal componenten die binnen dit project ontwikkeld zijn, te weten: plantmodellen voor paprika en roos, een sensor om de plant status te meten, sensoren om afzonderlijke ionen te meten, een substraatmodel, een nieuw type substraat, een expert systeem dat het dagelijkse fertigatieplan opstelt, een 'real time controller' die de water- en nutriëntengift aanstuurt en een technische infrastructuur om alle subsystemen te koppelen en te zorgen voor datatransfer. Het totale systeem heeft op een proefstation in Frankrijk gedurende anderhalf teeltseizoen in de paprikateelt gedraaid. In het CLOSYS systeem bleek de nutriëntenopname lager te zijn dan in de controleteelt en trad minder natrium en chloride ophoping op. Dit had geen effect op de productie en de kwaliteit van de paprika's.

2.7 Water en nutriënten

1. Modellen voor water- en nutriëntengift in gesloten substraatteelten

In de intensieve tuinbouw wordt steeds meer gebruik gemaakt van gesloten systemen voor water en nutriënten. In drie presentaties in deze sessie werd aandacht besteed aan het gebruik van modellen in de ontwikkeling van fertigatie strategieën gebaseerd op de nutriëntenvraag van het gewas. Dit is met name gecompliceerd in gebieden waar water al een hoog zoutgehalte heeft. Daar zal meer of minder vaak gespuid moeten worden. Door Alberto Pardossi, Benny Bar-Yosef en Dimitrios Savvas werden modellen gepresenteerd die voor deze omstandigheden zijn ontwikkeld. Door deze modellen te gebruiken in de sturing van de water- en nutriëntengift kan de ophoping van Na en Cl in de wortelzone in de hand gehouden worden en vermindert het gebruik van water en nutriënten zonder dat dit ten koste gaat van de productie en kwaliteit.

2. Modelleren van het effect van de samenstelling van de voedingsoplossing en straling op de ophoping van nitraat in sla die wordt geteeld op voedingsoplossing

Door Martin Gent werd een elegant model gepresenteerd dat de plant beschouwd als één cel, waarin de vacuole dient als opslagorgaan om evenwicht aan stoffen in het cytoplasma te bewaren. Het model bestaat uit vergelijkingen van transport en omzettingsreacties die voortkomen uit fotosynthese en nitraatreductie naar eiwitten en structuur. Dit model kan de hoeveelheid nitraat in het weefsel voorspellen in afhankelijkheid van straling en EC, en kan het verloop gedurende de dag en over meerdere dagen voorspellen.

3. Evaluatie van het 'Fertigatiemodel', een beslissingsondersteunend systeem voor de water- en nutriëntengift voor een kasgewas geteeld in grond

In tegenstelling tot gewassen geteeld op substraat dragen kasgewassen geteeld in de grond in Nederland substantieel bij aan de vervuiling van oppervlakte- en grondwater door de uitspoeling van stikstof en fosfaat. Door Wim Voogt en anderen is een fertigatiemodel ontwikkeld als beslissingsondersteunend systeem voor water- en nutriëntengift. Gedurende twee jaar is dit model op twee praktijkbedrijven met chrysant beproefd. Het model bleek goed te functioneren, zonder negatieve effecten op opbrengst of kwaliteit. De hoeveelheid watergift en het stikstofoverschot namen aantoonbaar af vergeleken met de standaard teeltwijze van de telers. De toepassing van het model bleek ook sterk af te hangen van de houding van de telers ten aanzien van het probleem van weglekken van nutriënten.

2.8 Gewasfysiologie

1. De fysiologie van bloei: de effecten van licht en temperatuur kwantificeren

In de presentatie van Steven Adams werd ingegaan op het modelleren van de tijd tot bloei. Vaak wordt er vanuit gegaan dat de effecten van temperatuur, lichtduur en lichtsom lineair gerelateerd zijn aan de tijd tot bloei. Deze aanpak alleen volstaat niet. Er moet rekening gehouden worden met effecten van (te) lage en (te) hoge temperaturen en een kritische lichtperiode. In temperatuurintegratie wordt uitgegaan van de gemiddelde temperatuur over een dag of enkele dagen, maar deze aanpak gaat voorbij aan het feit dat de respons van processen in de plant op temperatuur niet over een brede range aan temperaturen lineair is. Bij toepassing van temperatuurintegratie moet hiermee rekening gehouden worden. Verder zullen de modellen in het voorspellen van de tijd tot bloei rekening moeten houden met de verschillende fasen van de bloei. Al deze effecten zorgen er voor dat er veel kennis in de modellen aanwezig moet zijn om tot een nauwkeurige voorspelling te kunnen komen van de tijd tot bloei.

2. Het voorspellen van stengellengte van snijrozen op het moment van oogsten door stengelstrekkingssnelheid te gebruiken in relatie tot plantontwikkeling

Door Neil Mattson werd een voorspellend model toegelicht dat gebruikt kan worden om de taklengte van snijrozen op het moment van oogst te voorspellen. Dat gebeurt aan de hand van de lengte van de scheut bij het ontvouwen van het 10e blad. Zo kan op ongeveer de helft van de ontwikkelingstijd van de scheut gekomen worden tot een redelijk betrouwbare schatting van de lengte van de scheut op het moment van de oogst. De teler kan deze informatie gebruiken om indien gewenst het klimaat bij te sturen om de taklengte nog te beïnvloeden.

2.9 Kwaliteit

1. Ecofysiologische modellen van vruchtkwaliteit: een uitdaging voor perzik en tomaat

Vruchtkwaliteit is een complex geheel, waarvan grootte, smaak, textuur, kleur, vorm, etc. deel van uitmaken. Zowel het ras als de teeltomstandigheden hebben hierop invloed. Als er modellen beschikbaar zouden zijn die de ontwikkeling van kwaliteit goed kunnen beschrijven en die geïntegreerd zijn in de gewasgroeimodellen zou dit het sturen op kwaliteit kunnen ondersteunen. Door Nadia Bertin werd een presentatie gehouden over de stand van zaken op het gebied van het modelleren van vruchtkwaliteit. Zij beschreef zowel de deelmodellen voor vruchtgrootte (celdeling en celstrekking) als die voor de import van water en suikers, suikermetabolisme en zuurgehalte. Om al deze deelmodellen te integreren zal nog veel moeten gebeuren. Wel biedt zo'n aanpak veel perspectief voor de toekomst.

2. Verbeteren van de productkwaliteit en planning van calanchoe: modelontwikkeling en validatie

In de jaarrond productie van potplanten is het voorspellen en sturen van de productkwaliteit en de teeltduur van groot belang. Door Susana Carvalho werd een model gepresenteerd waarin de tijd van begin van de korte dag tot oogststadium en plant hoogte voor kalanchoe bepaald worden. Dit model is gebaseerd op experimenten met reeksen temperaturen en lichtintensiteiten, en is op een praktijkbedrijf gevalideerd. Om voor de praktijk toepasbaar te maken, zou het aangepast moeten worden voor andere cultivars en andere potmaten dat de nu gebruikte. Verder zou de kwaliteit van het model verbeterd kunnen worden als ook het aantal bloemhoofdjes voorspeld zou worden.

3. Trends en ontwikkelingen

Naar aanleiding van dit congres zijn de volgende ontwikkelingen op het gebied van het gebruik van modellen in de tuinbouw gesignaleerd:

1. In de afgelopen jaren is het gebruik van modellen in het tuinbouwkundig onderzoek toegenomen. Onderzoeksprojecten bestaan steeds vaker uit experimenteel onderzoek gecombineerd met modelsimulaties om de verkregen resultaten te veralgemeniseren, waar eerder het onderzoek vaak ophield na de experimenten.
2. Op het HortiModelcongres was een grote groep deelnemers afkomstig uit het tuinbouwbedrijfsleven, zoals voorlichtingsorganisaties, klimaatcomputerleveranciers, substraatleveranciers, zaadbedrijven en energiebedrijven aanwezig. Deze deelnemers zijn werkzaam bij met name Nederlandse bedrijven, maar ook enkele uit andere landen, waaronder de VS. Dit geeft aan dat er bij het tuinbouwbedrijfsleven interesse is in de toepassing van modellen en een duidelijke behoefte aan kennis over de modellen en de ontwikkelingen die op dit gebied gaande zijn.
3. Ondanks het toegenomen gebruik van modellen in onderzoek en de verdere ontwikkeling van de modellen, en de grote interesse vanuit de sector, is de toepassing van modellen in de praktijk nog erg beperkt. Er zijn wel voorbeelden van modellen die daadwerkelijk toegepast worden, zoals bijvoorbeeld de CO_2 Optimizer, ontwikkeld door Wageningen UR Glastuinbouw en op de markt gebracht door Hortimax. Maar om het gebruik van modellen en beslissingsondersteunende modellen in de praktijk te laten toenemen, zal nog een grote inspanning geleverd moeten worden door onderzoek en sector gezamenlijk.
4. In de afgelopen jaren is een nieuw vakgebied ontstaan in het modelleren, het drie dimensionaal modelleren van een gewas. De essentie van deze 3D modellen is dat de opbouw en structuur van afzonderlijke planten en het gewas gesimuleerd wordt. Dit biedt grote mogelijkheden om processen in de plant nauwkeuriger te simuleren dan met de gangbare modellen het geval is. Bijvoorbeeld op het gebied van de lichtabsorptie van afzonderlijke bladen, transport van assimilaten, hormonen, etc. in de plant en onderlinge beïnvloeding van planten. Deze modellen kunnen van grote waarde zijn voor de glastuinbouw. Er zijn echter nog veel gegevens nodig om dit type modellen te bouwen en ze toe te kunnen passen in de praktijk. Het eerste mogelijke toepassingsgebied is waarschijnlijk de potplantenteelt, omdat daar gewasopbouw en sierwaarde een grote rol spelen.
5. Een ontwikkeling in de modellering die nog in de kinderschoenen staat is de koppeling tussen gewasgroei en genetica. Hierin wordt geprobeerd informatie uit de genetica en metabolische processen te gebruiken om de complexe kenmerken van een plant of deel van een plant (bijvoorbeeld smaak of kwaliteit van een vrucht) te voorspellen. In de komende jaren zal naar alle waarschijnlijkheid de aandacht voor deze vorm van modellering sterk toenemen. Een mogelijke toepassing zou kunnen zijn dat bij de veredeling van gewassen met deze modellen al snel te voorspellen zou zijn hoe veranderingen in het erfelijk materiaal van een plant uitwerken op de ontwikkeling, groei en productie van een gewas.

4. Inbreng vanuit het energieprogramma van PT en LNV

Vanuit het energieprogramma, waarin onderzoeksprojecten door Productschap Tuinbouw en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit worden gefinancierd, was een grote inbreng in het HortiModel congres. De volgende presentaties werden gegeven over projecten die vanuit het energieprogramma zijn gefinancierd:

1. Sjaak Bakker. Modeltoepassingen voor energie-efficiënte kassen in Nederland: ontwerp van kassen, operationele controle en beslissingsondersteunende systemen.
2. Anja Dieleman. Energiebesparing in kassen: optimaal gebruik van klimaat en teeltsysteem.
3. Anne Elings. Meerdaagse temperatuurinstelling op basis van de assimilatenbalans van een gewas.
4. Fokke Buwalda. Naar een optimale besturing van de teelt van paprika. 1. Een dynamisch gewasmodel.

Verder waren er de volgende posters:

1. Raymond Jongschaap. Simulatie van de seizoenstoename van productie door omzetting van directe straling in diffuse straling.
2. Eldert van Henten. Naar een optimale besturing van de teelt van paprika: optimalisatie van opbrengstpatroon en energie-efficiëntie.
3. Rob Baas. Verdamping van een rozengewas in de kas: evaluatie van regressiemodellen.
4. Bram van 't Hoor. De adaptieve kas – een geïntegreerde benadering om beschermde teeltsystemen te ontwikkelen.
5. Jouke Campen. Ventilatie van een kleine Venlo kas in relatie tot de raamopening berekend met CFD.
6. Anja Dieleman. Energieschermen in tomaat: bepalen van de optimale openingsstrategie.
7. Tom Dueck. Verbeteren van de energie-efficiëntie van assimilatiebelichting.
8. Arie de Gelder. Optimalisatie van groei in een gesloten kas met beslissingsondersteuning gebaseerd op modellen.
9. Jan Bontsema. On-line schatten van de ventilatiesnelheid van kassen.
10. Gert-Jan Swinkels. Software om de effecten van energiebesparende investeringen in kassen te berekenen.

5. Communicatie

Over het HortiModel zijn in de vakpers de volgende artikelen verschenen:

- Optimaliseren klimaat en voeding bespaart energie. Agrarisch Dagblad dinsdag 31 oktober, pagina 11.
- Gewasmodel voorspelt lengte van roos. Vakblad voor de Bloemisterij (2006) 46: 45.

Van het congres is een boek verschenen, waarin alle artikelen gebundeld staan, getiteld 'Proceedings of the third international symposium on models for plant growth, environmental control and farm management in protected cultivation (HortiModel 2006)', Acta Horticulturae 718, 688 pagina's. Dit boek kan besteld worden voor € 140,- bij de ISHS (International Society for Horticultural Science), Postbus 500, 3001 Leuven 1, België, of via www.ishs.org.

Bijlage I.
Programma Hortimodel 2006

Monday, October 30

08:30 - 09:15 Welcome, opening ceremony: Prof. M. Kropff, Rector of Wageningen UR

Session: Crop models I (Chair: A. Dieleman)

09:15 - 09:50 Keynote: K.J. Boote: Developing, parameterizing, and testing of dynamic crop growth models for horticultural crops
09:50 - 10:10 K. Steppe: A comprehensive model for simulating stem diameter fluctuations and radial stem growth
10:10 - 10:30 H. Schepers: The conveyor belt model for fruit bearing vegetables: application to sweet pepper yield oscillations
10:30 - 11:00 Coffee/Tea

Session: Crop models II (Chair: A. Elings)

11:00 - 11:20 K. Kahlen: 3D Architectural modelling of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) using L-systems
11:20 - 11:40 P.H.B. de Visser: A functional-structural model of chrysanthemum for prediction of ornamental quality
11:40 - 12:00 General discussion models
12:00 - 13:15 Lunch
13:15 - 14:45 Poster presentations (Poster groups 1-10)

Session: Methodology (Chair: J. Lieth)

14:45 - 15:05 E. Schrevens: How to predict greenhouse tomato production? Mechanistic versus stochastic models, in view of uncertainty propagation, parameter sensitivity, over-parameterization and sources of variability
15:05 - 15:25 G. van Straten: A 'Big Leaf, Big Fruit, Big Substrate' model for experiments on receding horizon optimal control of nutrient supply to greenhouse tomato
15:25 - 15:45 I. Seginer: Model guided calibration: Nitrogen in cauliflower
15:45 - 16:15 Coffee/Tea

Session: Models and Sensors (Chair: B. Bar-Yosef)

16:15 - 16:50 Keynote: A.N.M. de Koning: Models and Sensors in Greenhouse control
16:50 - 17:15 J. Dekock: Crop monitoring by means of an on-line early warning system
17:15 - 17:30 General discussion: Models and sensors; Methodology

Session: Software demonstration (Chair: G. van Straten)

20:00 - 20:20 Brief presentations by sponsors LetsGrow.com and Grodan of decision support systems
20:30 - 22:00 Software demonstration by LetsGrow.com, Grodan and other participants

LetsGrow.com: Decision Support Systems
Grodan : Decision Support Systems
M.J. Bakker : GLASSIM - Greenhouse-Crop simulator for computer-aided learning
K. Boote : The CROPGRO model and the DSSAT V4 Software
F. Buwalda : Optimal control of sweet pepper production
A. Elings : Information system for water and nutrients (Hydrion-line)
M. Kang : Cultivating plants in Scilab environment
D. Savvas : Prediction of the Na or Cl concentration in the drainage solution in closed hydroponic systems
H. Schepers : Vensim
P. de Visser : Decision support model for N management in organic greenhouse horticulture
P. de Visser : 3D modelling of Chrysanthemum

Tuesday, October 31

Session: Energy saving (Chair: S. Adams)

08:30 - 09:05	Keynote: J.C. Bakker: Model application for energy efficient greenhouses in the Netherlands: greenhouse design, operational control and Decision Support Systems
09:05 - 09:25	J.A. Dieleman: Energy conservation in greenhouses: optimal use of climate conditions and crop management
09:25 - 09:45	A. Majabacka: Evaluations of energy performance for greenhouses based on multivariate analysis
09:45 - 10:05	A. Elings: Multiple-day temperature settings on the basis of a crop's assimilate balance
10:05 - 10:35	Coffee/Tea

Session: Climate management (Chair: S. Cohen)

10:35 - 11:10	Keynote: W. Luo: Roles and prospects of models in traditional chinese solar greenhouse crop and climate management
11:10 - 11:30	S.A. Ould Khaoua: Mathematical modelling of the climate inside a glasshouse during daytime including radiative and convective heat transfers
11:30 - 11:50	M. Teitel: Greenhouse Heating and Determination of Nocturnal Heat Loss
11:50 - 12:10	General discussion Energy saving & Climate management
12:10 - 13:25	Lunch
13:25 - 14:55	Poster presentations (Poster groups 11-20)
14:55 - 15:25	Coffee/Tea

Session: Decision support systems (Chair: E. Schrevens)

15:25 - 16:00	J. Dai: A model-based decision support system for temperature set point optimisation for greenhouse heating and ventilation under subtropical climate conditions
16:00 - 16:20	F. Buwalda: Toward an optimal control strategy for sweet pepper cultivation. A dynamic crop model
16:20 - 16:40	L.F.M. Marcelis: CLOSYS: Closed system for water and nutrient management in horticulture
16:40 - 16:55	General discussion: Decision support systems
16:55 - 17:25	Meeting of working group
18:30	Departure for symposium dinner

Wednesday, November 1

Session: Water & nutrients I (Chair: C. Stanghellini)

08:30 - 09:05	Keynote: A. Pardossi: Simplified models for the water relations of soilless cultures: what they do or suggest for sustainable water use in intensive horticulture
09:05 - 09:25	B. Bar-Yosef: A model describing root growth and water, N and Cl uptake in closed loop irrigation systems
09:25 - 09:45	N.S. Mattson: Modeling the influence of cyclical plant growth and nutrient storage on N, P, and K absorption by hydroponically grown cut flower roses
09:45 - 10:05	D. Savvas: Exploring a model relating the accumulation of NaCl with the water consumption in closed hydroponic systems
10:05 - 10:35	Coffee/Tea

Session: Water & nutrients II (Chair: W. Voogt)

10:35 - 10:55	P.R. Fisher: Modeling lime reaction in horticultural substrates
10:55 - 11:15	M.P.N. Gent: Modeling the effect of nutrient solution composition and irradiance on accumulation of nitrate in hydroponic lettuce
11:15 - 11:35	General discussion: water & nutrients
11:35 - 12:50	Poster presentations
12:50 - 14:05	Lunch

Session: Crop physiology and yield (Chair: K. Boote)

14:05 - 14:40	Keynote: S.R. Adams: The physiology of flowering; quantifying the effects of photo-thermal environment
14:40 - 15:00	N.S. Mattson: Predicting stem length of cut flower roses at harvest using stem elongation rates in relationship to developmental events
15:00 - 15:20	I.L. Lopez-Cruz: The effect of antitranspirant on growth and water uptake of sweet pepper plants: experiments and empirical modelling
15:20 - 15:50	Coffee/Tea

Session: Quality (Chair: S. De Pascale)

15:50 - 16:25	Keynote: N. Bertin: Ecophysiological models of fruit quality: a challenge for peach and tomato
16:25 - 16:45	O. Körner: A concept of a component based system to determine pot-plant keeping quality
16:45 - 17:05	S.M.P. Carvalho: Improving product quality and timing of Kalanchoe: a modelling approach
17:05 - 17:25	General discussion: Crop physiology and yield & Quality
17:25 - 17:40	Closing session

Thursday, November 2

08:30 - 17:00	Excursion