

# Visie op de rol van veredelingsonderzoek in de ontwikkeling van nieuwe rassen voor veranderende kasomstandigheden

Gerard Bot, Anja Dieleman, Sjaak van Heusden, Ep Heuvelink, Pim Lindhout &  
Leo Marcelis







WAGENINGEN UR

*For quality of life*

---

# Visie op de rol van veredelingsonderzoek in de ontwikkeling van nieuwe rassen voor veranderende kasomstandigheden

Gerard Bot<sup>1</sup>, Anja Dieleman<sup>2</sup>, Sjaak van Heusden<sup>3</sup>, Ep Heuvelink<sup>3</sup>, Pim Lindhout<sup>3</sup> & Leo Marcelis<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Agrotechnology & Food Innovations

<sup>2</sup> Plant Research International

<sup>3</sup> Wageningen Universiteit

Wageningen UR  
november 2004

---

© 2004 Wageningen, Wageningen Universiteit

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 Universiteit.



Deze visie is geschreven in opdracht van het Productschap Tuinbouw en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit. De opdracht is uitgevoerd door medewerkers van Agrotechnology & Food Innovations, Plant Research International en Wageningen Universiteit.

Editors:

Sjaak van Heusden

Pim Lindhout

## **Plantenveredeling, Wageningen UR**

Adres : Binnenhaven 5, Wageningen  
: Postbus 386, 6700 AJ Wageningen  
Tel. : 0317 – 48 28 36  
Fax : 0317 – 48 34 57  
E-mail : [sjaak.vanheusden@wur.nl](mailto:sjaak.vanheusden@wur.nl)  
Internet : <http://www.dpw.wau.nl/pv>

# Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
1. Inleiding	3
2. Ontwikkelingen in de glastuinbouw	5
3. Gewenste gewaseigenschappen	7
4. Evaluatie van ROG-I	11
5. Slotconclusie	13
6. Perspectieven voor vervolgonderzoek	15
Bijlage I. Ontwikkelingen in de glastuinbouw	6 pp.
Bijlage IIA. Gewasgroei en productie: analyse op basis van onderliggende processen	4 pp.
Deeltaak IIB. Gewenste gewaseigenschappen	5 pp.
Bijlage III. Potentie van wijziging in gewaseigenschappen voor energiebesparing	5 pp.
Bijlage IV. Evaluatie van ROG-I	4 pp.
Bijlage V. Overleg met enkele veredelaars	3 pp.
Bijlage VI. Visie bedrijfsleven	2 pp.
Bijlage VII. Concept onderzoekprogramma ROG-II	3 pp.



# Voorwoord

De aanleiding van deze visie is het aflopen van een groot onderzoekprogramma, genaamd Rassen Onder Glas met minder gas (ROG), dat als doel had om te onderzoeken op welke wijze de veredeling een bijdrage zou kunnen leveren aan voor het terugdringen van het energiegebruik in de Nederlandse Kastuinbouw. De opdrachtgevers, Productschap Tuinbouw en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit, wilden eerst een visie zien over de ontwikkelingen in de glastuinbouw en welke eisen dit stelt aan de gewassen voor de toekomst om daarmee de richting te bepalen voor verder onderzoek voor zover dit nodig mocht zijn. Dit rapport vormt de weerslag van vele discussies die tussen opdrachtgevers, uitvoerders en deelnemende bedrijven zijn gevoerd.

Het was een grote uitdaging om wetenschappelijke kennis over de complexe factoren, die een rol spelen bij de groei en ontwikkeling van planten te vertalen in voor de praktijk bruikbare concepten. De eerste fase van dit onderzoek was vooral gericht op het toetsen van diverse concepten voor de haalbaarheid van praktische de veredeling. Hieruit zijn een aantal bruikbare concepten naar voren gekomen, maar ook een aantal afgeschreven door gebrek aan praktische perspectieven. In deze visie wordt beschreven in hoeverre de bruikbare concepten toegepast kunnen worden voor de ontwikkeling van nieuwe rassen, die optimaal zijn aangepast aan de tuinbouw van de toekomst.





# 1. Inleiding

De Nederlandse glastuinbouw heeft als bedrijfstak afspraken gemaakt met de overheid met als doelstelling om het energiegebruik in de kastuinbouw terug te dringen (Meerjarenafspraak Energie en Glami). Er zijn belangrijke technische ontwikkelingen in de constructie en het gebruik van kassen met als meest energiebesparend en productie-verhogend concept: de gesloten kas. Deze kas heeft zelfs een overschot aan (laagwaardige) energie dat aan andere niet gesloten kassen kan worden geleverd. De verwachting is dat de gesloten kassen steeds meer toegepast gaan worden in combinatie met 'open' kassen en dat na 2020 nieuwe kassen geen fossiele brandstof meer als energiebron zullen gebruiken. Dat kan bereikt worden door een dramatische reductie in de hoogwaardige energiebehoefte, door het beter isoleren van de kassen en het gebruik van duurzame energie.

Deze **transitie** in de Nederlandse glastuinbouw heeft niet alleen belangrijke technische consequenties, maar ook gevolgen voor het gewas dat in deze nieuwe kassen moet groeien. Met name fluctuaties in temperatuur, een lagere gemiddelde stooktemperatuur, een hogere luchtvochtigheid en lagere dan wel hogere CO<sub>2</sub> concentraties in de kaslucht vereisen belangrijke aanpassingen aan de kasgewassen. De veredeling dient op deze transitie in te spelen door nu al aandacht te besteden aan de nieuwe eisen die aan de rassen van de toekomst worden gesteld. Deze **transitie in de veredeling** vereist ook belangrijke investeringen in verdelingsprogramma's. Dit rapport is bedoeld om deze transitie in verdelingsprogramma's te ondersteunen en te stimuleren.

De vragen waarop deze visie een antwoord probeert te geven zijn:

1. *Welke eisen worden aan kasgewassen in Nederland gesteld door de transitie naar andere kassystemen in de nabije en verre toekomst (2010–2030)?*
2. *Welke rol kan de veredeling spelen om aan deze eisen te voldoen?*

Er zijn een aantal studies uitgevoerd, die in bijlagen zijn toegevoegd (Bijlage I t/m III) en ook de visie van het bedrijfsleven is opgenomen (Bijlage IV en V). Dit rapport integreert de verschillende studies en komt, mede naar aanleiding van de resultaten van het door PT en NOVEM gefinancierde onderzoeksprogramma Rassen onder Glas met minder Gas (ROG-I) met een concreet voorstel voor een samenhangend onderzoeksprogramma voor de periode 2005-2010. In deze periode wordt genetisch onderzoek, ondersteund door gewasfysiologisch onderzoek, verricht in nauwe samenwerking met, en medegefinancierd door het verdelings-bedrijfsleven. Er zullen nieuwe genetische materialen (backcross inbred lines, BILs en advanced breeding lines ABLs) en verdelingsmethoden worden ontwikkeld die al tijdens de looptijd van dit onderzoek worden onderzocht op hun prestaties in gesloten kassen. Gezien de uitkomsten van het vorige onderzoeksprogramma (ROG-I) zijn er zeer goede perspectieven voor deze verdelingslijnen. Daarom zullen deze lijnen al tijdens de looptijd van dit onderzoeksprogramma geïntegreerd worden in verdelingsprogramma's bij commerciële bedrijven, die ook substantieel zullen bijdragen aan de kosten van dit onderzoek. Op deze wijze is de transitie gewaarborgd van kennis en materialen naar praktische verdelingsprogramma's waaruit nieuwe rassen voor de toekomstige tuinbouw worden ontwikkeld.

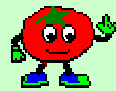


## 2. Ontwikkelingen in de glastuinbouw

In Bijlage I wordt een beeld geschetst van de ontwikkelingen in de glastuinbouw op korte en lange termijn. Op de korte termijn is de ontwikkeling op bedrijfsniveau gericht op optimalisatie van de bestaande bedrijfsvoering met de beschikbare bedrijfsuitrusting. Hierbij hoort ook een omvangrijke schaalvergroting. De behoefte aan totale conditionering heeft ook geleid tot het gesloten kasconcept dat na een periode van onderzoek nu op een praktijkbedrijf is geïntroduceerd. Op de lange termijn zal het huidige 'open' kassysteem meer en meer veranderen in een combinatie van gesloten kassen met 'open' kassen die beide een zeer lage, door duurzame energie te dekken, energiebehoefte moeten hebben en dus goed geïsoleerd zullen zijn. Zowel voor huidige als toekomstige gesloten of open kassystemen leveren zowel verlaging van de gemiddelde teelttemperatuur als het toelaten van grotere fluctuaties in teelttemperatuur energiebesparing op. Als vuistregel geldt dat 1°C verlaging van de stooktemperatuur een energiebesparing van ca 10% oplevert. Bij temperatuurf fluctuaties (bandbreedte) van 2°C (schommeling van 1°C boven en 1°C beneden de gewenste gemiddelde temperatuur) is de jaarlijkse besparing ten opzichte van een regeling met constante setpoints ca. 8% en bij een bandbreedte van 4°C wordt dit ca 12% (Bijlage I).

Ook geldt voor huidige en toekomstige kassystemen dat zowel een toegelaten verhoging van de relatieve luchtvochtigheid als het toelaten van een grotere fluctuatie daarin energiebesparing opleveren. Een verhoging van het setpoint voor luchtvochtigheid met 5% levert een energiebesparing van 6-7% op (Bijlage I). Dit wordt belangrijker bij toekomstige, goed geïsoleerde kassystemen omdat vochtregulatie daar relatief meer energie zal kosten. Het open, relatief slecht geïsoleerde kassysteem van nu zal meer en meer veranderen in de richting van een combinatie van goed geïsoleerde open en gesloten kassen. Dit betekent dat er andere eisen aan eigenschappen van het gewas gesteld zullen worden.

Een hogere luchtvochtigheid zal echter niet alleen fysiologische gevolgen hebben voor de plant maar ook de oorzaak zijn voor een verhoogde ziektedruk. Daarom zal het ook altijd nodig blijven te veredelen op rassen met een hogere resistentie tegen een aantal schimmel- en andere ziektes. Ook veranderingen in belichtingsstrategie en verhoogde, dan wel verlaagde CO<sub>2</sub> concentraties zullen andere eisen aan de plant stellen.



### Gewenste eigenschappen nieuwe rassen

- Minder last van temperatuurschommelingen
- Bestand tegen hogere luchtvochtigheid
  - Resistenter tegen ziektes
- Hogere opbrengst



### 3. Gewenste gewaseigenschappen

In Bijlage II en III worden een aantal plantprocessen beschreven die een rol spelen bij de groei, ontwikkeling en productie van kasgewassen. Tevens wordt beschreven welke gewaseigenschappen aangepast zouden moeten worden om bij een veranderd, op energiebesparing gericht, klimaat toch een goede groei en productie te kunnen behouden. De meeste eigenschappen hebben een vergelijkbaar belang voor de verschillende gewasgroepen, maar nogal wisselende perspectieven voor veredeling. Bij snijbloemen en potplanten is de morfologie van de plant erg belangrijk voor de sierwaarde. Bij deze gewassen is daardoor het belang van ontwikkelingsprocessen iets groter dan bij vruchtgroenten, terwijl het relatieve belang van fotosynthese iets minder is. Een aantal gewaseigenschappen die genoemd worden in Bijlage III, zoals een lage grenslaagweerstand, een snelle uitgroeiduur van vruchten of een hoge ontwikkelingssnelheid van bloemknoppen zijn als weinig belangrijk in het kader van dit rapport aangemerkt. Dit heeft als reden een relatief gering generiek belang van deze eigenschappen voor de uiteindelijke gewasproductie, onafhankelijk van te nemen energiebesparende maatregelen

In het algemeen kan de energie-efficiëntie verbeterd worden door verbetering van de volgende gewaseigenschappen, waarbij tussen haakjes staat aangegeven voor welke gewasgroepen dit geldt (v=vruchtgroenten, s=snijbloemen, p=potplanten):

1. Dunne bladeren (v)
2. Fotosynthese efficiëntie (v, s, p)
3. Lage ademhaling (v, s)
4. Goede vruchtzetting (v)
5. Goede bloemknopaanleg (s, p)
6. Lage verdamping (v, s)
7. Brede temperatuurrange fotosynthese (v)
8. Brede temperatuurrange ontwikkelingsprocessen (v, s, p)
9. Resistentie tegen schimmels (s, p)

#### Ad 1. Dunne bladeren (hoog specifiek bladoppervlak (SLA))

Bladeren, die een groter oppervlak per massa-eenheid hebben (Specific Leaf Area, SLA) kunnen efficiënter omgaan met de instraling omdat een groter bladoppervlak leidt tot meer lichtonderschepping. Met dikke bladeren bouwt een plant minder snel zijn bladoppervlak en daarmee zijn lichtonderscheppend vermogen op. Inderdaad zijn er vele voorbeelden waarbij een verbetering van de groei (Relative Growth Rate, RGR) gepaard gaat met een hogere SLA. Er zijn echter ook diverse studies die deze associatie niet aantonen, wat betekent dat er kennelijk ook andere factoren een rol spelen bij efficiëntere groei. De SLA speelt vooral een rol aan het begin van de teelt als het gewas nog niet gesloten is, maar voor bijvoorbeeld de vruchtgroenten is dat ook de teeltperiode met veruit het meeste energiegebruik. Er kunnen negatieve bijeffecten geassocieerd zijn met dunne bladeren.

#### Ad 2. Fotosynthese efficiëntie

De fotosynthese is de motor achter de groei. Theoretisch zou een efficiëntere fotosynthese kunnen leiden tot een sterkere groei. Er zijn wel verschillen in fotosynthesesnelheid gemeten tussen gewassen, maar vaak zijn die zeer gering. De fotosynthesecapaciteit van tomaat is bijvoorbeeld niet verschillend van die van spinazie. De variatie binnen de cultuursoorten en hun kruisbare verwanten is nog veel geringer zomet afwezig. Planten hebben een veel grotere fotosynthesecapaciteit dan wordt benut. Dit blijkt ook uit het feit dat zelfs in hoogzomer extra licht nog steeds leidt tot extra productie. Kennelijk is de fotosynthesecapaciteit dan dus niet beperkend.

#### Ad 3. Lage ademhaling

Planten gebruiken zuurstof voor ademhaling en scheiden dan  $\text{CO}_2$  uit. Deze ademhaling is te splitsen in groeiademhaling en onderhoudsademhaling. De groeiademhaling is het gevolg van de omzetting van suikers uit de fotosynthese naar structurele drogestof zoals koolhydraten, vetten en lignine. De onderhoudsademhaling is

nodig om de plant 'functionerend' te houden en kan in principe als verlies (of verspilling) worden beschouwd omdat deze niet direct gekoppeld is aan groei. Theoretisch zou er dus een verhoogde groei te behalen zijn door het verlagen van de onderhoudsademhaling, met name voor relatief zware gewassen (tomaat onder bijbelichting in de winter, rozen in de winter) onder laag licht (weinig fotosynthese). Er is hier echter nauwelijks genetische variatie voor gevonden.

Ad 4. Goede vruchtzetting en

Ad 5. Goede bloemknopaanleg

Zowel bloemknopaanleg als vruchtzetting hebben te maken met de zgn. drogestofverdeling in de plant. In de afgelopen tientallen jaren heeft de veredeling een grote bijdrage geleverd aan het verhogen van de opbrengst door middel van een efficiëntere drogestofverdeling. Dit wil zeggen dat meer drogestof gaat naar de oogstbare delen van de plant. Er is een grote variatie voor drogestofverdeling, die in de praktische veredeling al volop wordt benut.

Ad 6. Lage verdamping

Vochtafvoer vanuit de kaslucht kost veel energie. Genotypen die minder verdamping hebben per eenheid groei, zijn daarom gunstig. Het gaat dan om een verhoogde watergebruiks-efficiëntie, echter zonder dat het totale productieniveau omlaag gaat. Er is voor deze parameter enige genetische variatie aanwezig, al gaat minder verdamping heel vaak gepaard met minder groei.

Ad 7. Brede temperatuurrange fotosynthese en

Ad 8. Brede temperatuurrange ontwikkelingsprocessen

Genotypen met een brede temperatuurrange voor fotosynthese en ontwikkelingsprocessen bieden de mogelijkheid van temperatuurintegratie en derhalve energiebesparing.

Ad 9. Resistentie tegen schimmels

Dit is met name van belang doordat bij perioden met hogere luchtvochtigheid schimmelaantasting meer voor kan komen. Hoge RV en eventueel daarmee gepaard gaande condensatie op de koudste plekken in de kas geeft optimale omstandigheden voor sporenkieming van bijv. *Botrytis*. In de praktische veredeling is resistentie of verminderde vatbaarheid voor schimmelziekten één van de belangrijkste veredelingsdoelen.

## **Link tussen energiebesparend kasklimaat en daarbij van belang zijnde gewaseigenschappen**

Bij verlaging van temperatuur worden de volgende eigenschappen extra belangrijk (v=vruchtgroenten, s=snijbloemen, p=potplanten):

- dunne bladeren (v)
- weerstand tegen schimmels (v, s, p).

Bij verhoging van de luchtvochtigheid is met name van belang:

- weerstand tegen schimmels (v, s, p).

Bij verlaging van de CO<sub>2</sub> concentratie wordt extra belangrijk:

- bloemknopaanleg (s, p) of vruchtzetting (v)

Bij verhoging van de CO<sub>2</sub> concentratie wordt met name van belang:

- geen negatieve adaptatie aan verhoogd CO<sub>2</sub> (v, s, p)

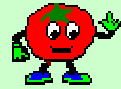
Bij vergroten van temperatuurfuctuaties worden de volgende eigenschappen extra belangrijk:

- brede temperatuurrange voor fotosynthese (v, s, p)
- brede temperatuurrange voor ontwikkelingsprocessen (v, s, p)
- weerstand tegen schimmels (v, s, p)
- bloemknopaanleg (s, p) of vruchtzetting (v).

## Conclusies en aanbevelingen

Samenvattend is er weinig perspectief om door middel van veredeling de fotosynthese-capaciteit of -efficiëntie te verbeteren. Ook het verlagen van de onderhoudsademhaling biedt weinig perspectief. Hoewel er voor specifiek bladoppervlak wel genetische variatie is, welke benut kan worden voor de veredeling, is een benadering met uitsluitend selectie op een hoog specifiek bladoppervlak te beperkt. De grote genetische variatie voor drogestofverdeling en wordt al geëxploiteerd in de praktische veredeling en behoeft daarom, in zijn algemeenheid, geen extra onderzoek. Toch zijn er grote genetische verschillen in groei en ontwikkeling gevonden. Het blijkt erg lastig te zijn om de componenten die hiervoor verantwoordelijk zijn in kaart te brengen en bovendien kunnen die nogal variëren tijdens de verschillende groeifasen tijdens de teelt.

Daarom trekken wij de conclusie dat niet volstaan kan worden met een selectie op deelcomponenten, maar dat langdurige groeianalyses met vele herhalingen noodzakelijk zijn om de genetische achtergrond van verschillen in groei- en ontwikkeling op te sporen. Via deze werkwijze mag verwacht worden dat op termijn rassen ontwikkeld kunnen worden die aangepast zijn aan energiebesparende kasklimaatcondities.



### Genetische verschillen in groei en ontwikkeling

Geen selectie op individuele fysiologische parameters maar door middel van uitgebreide groeianalyses de genetische factoren achter de verschillen in groei zoeken.

Ten aanzien van resistenties tegen schimmels blijkt dat er in het algemeen voldoende genetische variatie aanwezig is, die al door de veredeling wordt benut. Een uitzondering betreft *Botrytis* resistentie in het gewas roos, omdat veredeling op *Botrytis* resistentie zo complex is dat dit door geen enkel bedrijf alléén opgelost kan worden.





## 4. Evaluatie van ROG-I

Voor veredeling is genetische variatie nodig! Soms is die genetische variatie binnen het assortiment van de cultuurgewassen al vrijwel volledig benut, waardoor er weinig ruimte is voor genetische verbeteringen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij tomaat, paprika en komkommer. Dan is het nodig om nieuwe genetische variatie te introduceren uit wilde soorten. De kruisbare verwanten van tomaat en paprika vormen een grotendeels ongeëxploiteerde genenpoel voor eigenschappen met betrekking tot groei en ontwikkeling. Het blijkt dat door de introductie van een gering aantal genen uit wilde soorten een opbrengstwinst te bereiken is van 50%! in industrietomaten (zie kader). De Nederlandse veredelingsbedrijven kunnen deze resultaten direct toepassen in hun veredelingsprogramma's om te onderzoeken in hoeverre dezelfde winst is te behalen voor kasgewassen. Deze potentiële voordelen zijn zo evident dat ondersteuning vanuit de sector voor dit onderzoek niet nodig is. Al zou maar een klein gedeelte van deze potentiële opbrengstwinst gerealiseerd worden, dan levert dit al een grote meerwaarde op en natuurlijk ook een verhoogde energie-efficiëntie, omdat bij gelijkblijvende omstandigheden minder energie nodig is per eenheid product. Anders ligt dat voor de specifieke aanpassingen die nodig zijn voor de transitie naar gesloten kassen. Hier is nog geen aandacht aan besteed en verder onderzoek is nodig om de potentie van de genen uit wilde soorten voor de kas van de toekomst te bepalen. Dit vereist een combinatie van genetisch en gewasfysiologisch onderzoek. Voor het op juiste waarde schatten van eigenschappen zijn uitgebreide groeianalyses nodig met voldoende herhalingen (zie boven). Backcross Inbred Lines (BILs) zoals ontwikkeld in ROG-I zijn het ideale materiaal hiervoor. In ROG-I is duidelijk het fundament voor vervolgonderzoek gelegd. De aanpak met BILs en moleculaire merkers heeft tomatenlijnen opgeleverd, die variatie vertonen voor vroegheid, groei, droge stofverdeling en opbrengst. De studie in paprika was minder succesvol en hier was achteraf een aanpak met BILs beter geweest. De fysiologische studies geven meer inzicht in de factoren die een rol spelen bij de groei- en opbrengst bij zowel tomaat als chrysant.



### Unused Natural Variation Can Lift Yield Barriers in Plant Breeding

Amit Gur, Dani Zamir

<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.0020245>

Natural biodiversity is an underexploited sustainable resource that can enrich the genetic basis of cultivated plants with novel alleles that improve productivity and adaptation. We evaluated the progress in breeding for increased tomato (*Solanum lycopersicum*) yield using genotypes carrying a pyramid of three independent yield-promoting genomic regions introduced from the drought-tolerant green-fruited wild species *Solanum pennellii*. Yield of hybrids parented by the pyramided genotypes was more than 50% higher than that of a control market leader variety under both wet and dry field conditions that received 10% of the irrigation water. This demonstration of the breaking of agricultural yield barriers provides the rationale for implementing similar strategies for other agricultural organisms that are important for global food security.

De potentie van genen uit wilde soorten is zeer groot voor de belangrijke kasgewassen tomaat en paprika. Anders ligt dat bij komkommer, waar geen wilde verwanten beschikbaar zijn om een nieuw genetisch reservoir aan te boren. Daarom is een grote onderzoeksinspanning voor komkommer in dit kader niet te rechtvaardigen.

Voor verreweg de meeste siergewassen is veel minder veredelingsarbeid verricht dan in bovengenoemde drie groentegewassen. Hierdoor is vaak nog veel genetische variatie in het cultuursortiment beschikbaar. In ROG-I is aangetoond (voor *Poinsettia*) dat een paar jaar gerichte verdelingsaanpak al een nieuw ras kan opleveren met een grote energiewinst. Deze aanpak kan gekopieerd worden naar andere siergewassen met grote kans op succes.

Twee belangrijke siergewassen verdienen een aparte behandeling: Bij chrysant is in ROG-I aangetoond dat er mogelijk ook potentie zit in de genenpoel van de cultuursoort, maar dit zou nog verder onderbouwd moeten worden. Indien dit bevestigd wordt (haalbaarheidsanalyse) biedt een praktisch veredelingsprogramma (analoog aan *Poinsettia*) gericht op de kas van de toekomst de meeste perspectieven (na go/no go beslissing). Het rozenonderzoek in ROG-I heeft de basis gelegd voor moleculaire verdelingsmethoden om vooral in vervolgstudies resistenties tegen ziektes

in het rozenassortiment te introduceren. Moleculaire merkers geven ook meer mogelijkheden versneld eigenschappen uit diploïde rozen in tetraploïde rozen (de roos zoals wij die kennen) te introduceren.

Het onderzoek met genetisch gemodificeerd materiaal is minder succesvol geweest. Deels bleken sommige gewassen recalcitranter te zijn met betrekking tot transformatie met nieuwe genen dan verwacht en voor een ander deel bleken de verkregen genetisch gemodificeerde planten (GMO's) niet de gewenste eigenschappen te hebben. Daarom is dit onderzoek voortijdig afgesloten in ROG-I. Er zijn nu ook geen nieuwe ontwikkelingen, die rechtvaardigen dat dit onderzoek nieuw leven ingeblazen zou moeten worden. De geïnterviewde gebruikers onderschrijven deze conclusies over ROG-I (Bijlagen V en VI).

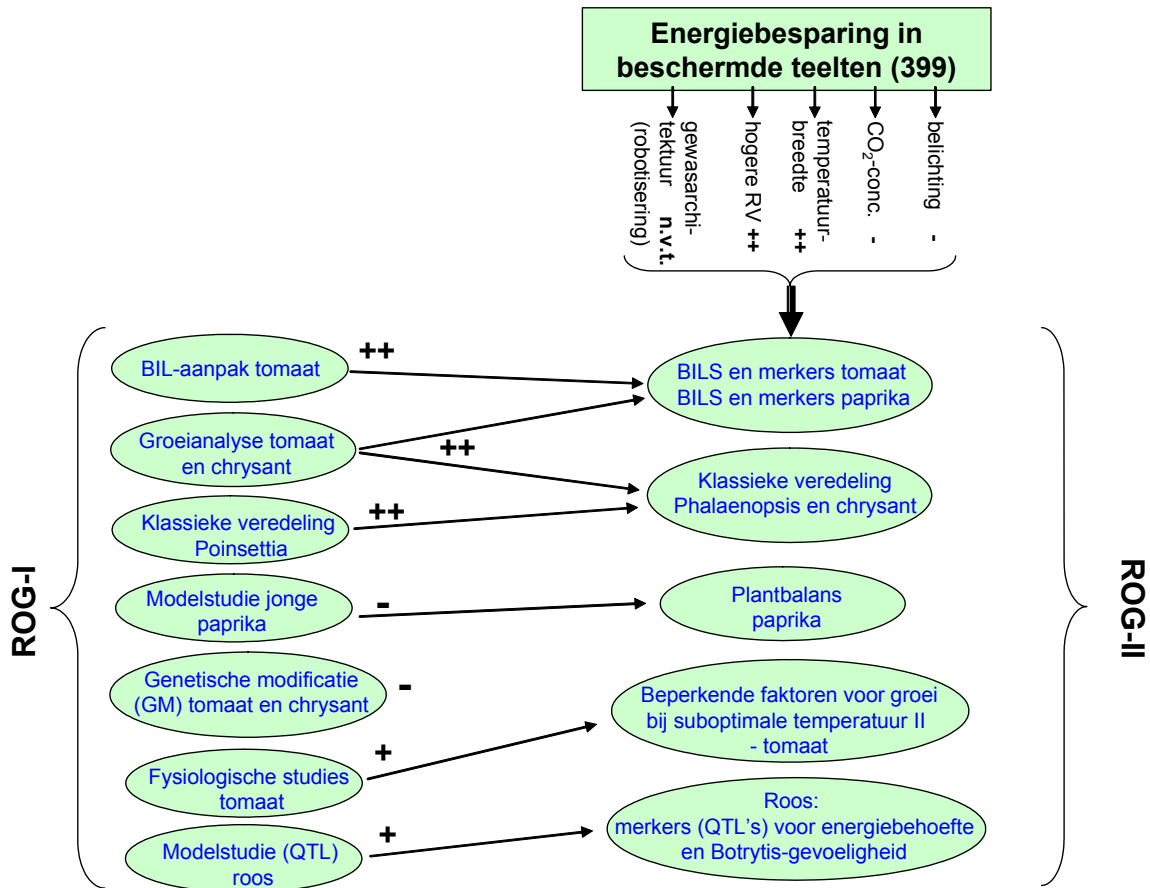
## 5. Slotconclusie

Op korte termijn (2005 – 2020) zullen voorlopig open kassen met een enkele gesloten kas gebruikt worden, maar na 2020 zal in Nederland de **transitie naar gesloten kassen** op veel grotere schaal gerealiseerd zijn. De gesloten kassen zullen een laagwaardig energieoverschot hebben dat ingezet kan worden in een areaal niet gesloten kassen. Zodoende wordt over het gecombineerde areaal een besparing op de hoogwaardige energie-input van ca 25% gerealiseerd. Deze hoogwaardige energie-input moet na 2020 geleverd worden door duurzame energie. Om dit mogelijk te maken zal de energiebehoefte verder omlaag moeten en hiervoor zullen zowel gesloten als open kassen beter moeten worden geïsoleerd. De toekomstige beter geïsoleerde kas zal andere eisen stellen aan de gewassen, waarbij flexibiliteit voor (extreme) temperatuurschommelingen en vocht en de daaraan gerelateerde ziekte- en kwaliteitsproblemen de belangrijkste factoren zijn.

Deze transitie vereist belangrijke aanpassingen van bestaande veredelingsprogramma's. Om **deze transitie in de veredeling** te bespoedigen is steun vanuit de sector zeer gewenst, zo niet noodzakelijk. Er zijn zeer goede perspectieven in de introductie van nieuwe genen uit wilde verwante soorten van tomaat en paprika door middel van de BIL-benadering. Op basis van de resultaten van ROG-I voor *Poinsettia* en BILs tomaat is minimaal een energiebesparing van 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> te verwachten. Alleen al voor de gewassen tomaat en paprika, die samen goed zijn voor meer dan 2000 ha kassen, betekent dit dat jaarlijks minimaal 100 miljoen m<sup>3</sup> aardgas minder nodig is.

De analyse van de perspectieven van deze materialen vereist nauwkeurig gewasfysiologisch onderzoek in nauwe samenwerking met het veredelingsbedrijfsleven. Hierbij zijn uitvoerige experimenten in gesloten kassen noodzakelijk. Deze worden binnenkort gebouwd in Bleiswijk en zijn voor dit onderzoek beschikbaar. Voortzetting van de onderzoekprogramma's van roos en chrysant biedt ook veel perspectief, met dien verstande dat het onderzoek aan chrysant gefaseerd moet worden met een duidelijke go/no go beslissing.

De praktische veredeling van de kleinere siergewassen kan worden voortgezet waarbij veredelingsbedrijven een belangrijke bijdrage dienen te geven.



*Figuur 1. De voorgestelde projecten voor ROG-II, als logisch vervolg op ROG-I met daarbij in ogenschouw genomen de uitkomsten van ROG-I en resultaten uit het programma 'Energiebesparing in beschermde teelten (399)'.*

*De symbolen bij de factoren genoemd bij 399 betekenen: - veredelingsinspanning niet goed mogelijk, omdat geen/nauwelijks genetische variatie hiervoor bekend is; ++ veredelingsinspanning zinvol op basis van bestaande genetische variatie in het sortiment of na verbreding van deze variatie via BILs met wilde verwanten; nvt veredelingsinspanning zinvol, maar hierop wordt al veel veredeld. Voor ROG-I betekenen de symbolen: - geen goede resultaten en niet mee verder gaan; + goede resultaten, zinvol voort te zetten na aanpassingen; ++ goede resultaten, voortzetten.*

## 6. Perspectieven voor vervolgonderzoek

In 2003 zijn een aantal projecten voorgesteld als vervolg op ROG-I. Deze projecten zijn grofweg in drie klassen in te delen (Figuur 1). Nieuwe verdelingslijnen van tomaat zijn ontwikkeld met behulp van moleculaire merkers en de BIL aanpak. Deze lijnen zijn gekarakteriseerd door een betere groei en ontwikkeling. Ook voor paprika dient een dergelijke methode de voorkeur te krijgen boven een modelachtige studie zoals uitgevoerd is in ROG-I. De genetische gereedschappen en kennis bij roos zijn ontwikkeld en kunnen gebruikt worden in verdere studies waar het zwaartepunt op ziekteresistentie dient te liggen. De succesvolle aanpak van de praktische veredeling van *Poinsettia* kan ook in een ander gewas zoals *Phalaenopsis* gebruikt worden, met een hoge kans op succes (ontwikkeling van ras dat bij lagere stooktemperaturen geteeld kan worden).

Er wordt voor de gewassen tomaat, paprika, roos en chrysant gekozen omdat dit de grootste energiegebruikers in de glastuinbouw (groenteteelt en bloemeteelt) zijn (combinatie van energiegebruik per m<sup>2</sup> en areaal). *Phalaenopsis* is gekozen als representant van de potplantenteelt, vanwege het hoge energiegebruik in deze teelt.

Het fundamentele fysiologische onderzoek is van groot nut om het inzicht te vergroten in de fysiologische processen, die ten grondslag liggen aan groei- en ontwikkeling onder energiebesparende kasomstandigheden. Een beperkte beschrijving van een concept onderzoekprogramma voor ROG-II is in Bijlage VI beschreven.



# Bijlage I.

## Ontwikkelingen in de glastuinbouw

Gerard Bot, Agrotechnology & Food Innovations

### Inleiding

In 2003 was de productiewaarde van de Nederlandse kastuinbouw ca 4.8 miljard Euro op een areaal van 10 500 ha. Als daarbij de omzet van de toeleverende industrie en de handel wordt opgeteld wordt dit meer dan verdubbeld. De bedrijfstak opereert marktconform zonder productiesubsidies en kan de concurrentie met het buitenland goed aan. Dit is te danken aan een flexibel inspelen op ontwikkelingen en gebruik maken van beschikbare mogelijkheden. Deze mogelijkheden zijn mede te danken aan de grootste natuurlijke hulpbron voor de Nederlandse kastuinbouw: een gematigd klimaat met relatief koele zomers en zachte winters.

Een belangrijke omschakeling heeft zich het afgelopen decennium voorgedaan van productiegedreven naar consumentgedreven. Productiegedreven betekent hier dat het doel is zo veel mogelijk te produceren van een eenheidsproduct waarbij er van wordt uitgegaan dat dit kan worden afgezet. Vooral het veilingstelsel was hierin een spil, de individuele tuinder produceerde en ging er van uit dat er op de veiling een koper was. Bij een sterk uitbreidende markt en een niet zeer kritische consument zoals tot in de tachtiger jaren het geval was, werkte dit inderdaad. Eind jaren tachtig stagneerde de markt door toenemende concurrentie en een meer kritische consument ten aanzien van de productkwaliteit. Door de wensen van de consument naar kwaliteit en productverscheidenheid centraal te stellen (consumentgedreven) kon de Nederlandse kastuinbouw haar sterke positie terug veroveren. In de productkwaliteit wordt door de consument ook de manier van produceren en de productveiligheid meegewogen. Ook vanuit de maatschappij werden aan de manier van produceren eisen gesteld met het oog op milieubelasting en de zorg om de eindigheid van de natuurlijke hulpbronnen. Het gaat dan om reductie van emissie van gewasbeschermingsmiddelen en uitspoeling van nutriënten, het aanpakken van het afvalprobleem van gebruikte materialen door recycling en verminderen van de CO<sub>2</sub> emissie (gekoppeld aan het fossiele energiegebruik).

Hierover zijn dan ook afspraken tussen de bedrijfstak en de overheid gemaakt met de te realiseren doelen, voor de jaren negentig de Meerjarenafpraak (MJA) Energie met doeljaar 2000 en daarna de Afspraken Glastuinbouw en Milieu (Glami) met doeljaar 2010. Door deze afspraken na te komen wordt de 'license to produce' verkregen. Dit is een belangrijke randvoorwaarde voor de bedrijfstak. Door ook te voldoen aan de eisen van consument en maatschappij voor wat betreft productveiligheid wordt tevens in de keten de 'license to deliver' verkregen. Vanuit de zorg om de afhankelijkheid van fossiele energie heeft de sector (LTO) zich bovendien ten doel gesteld om de na 2020 in gebruik te nemen kassystemen volledig met duurzame energie te bedrijven.

Door de geschetste ontwikkelingen is een al langer bestaande trend naar schaalvergroting versterkt en kan ook een trend worden waargenomen naar meer en meer totale conditionering van de groeiomstandigheden inclusief de factor licht. De schaalvergroting is versterkt doordat het voor kastuinbouwbedrijven aantrekkelijk geworden is als partner op te treden in een grootschalig geworden keten. Dit moet de garantie bieden voor leveringszekerheid en productkwaliteit voor het grootwinkelbedrijf. De toenemende conditionering van de groeiomstandigheden wordt gegenereerd door een vraag naar leveringszekerheid met gegarandeerd hoge en constante kwaliteit en gelijkmatige jaarrond productie. Een bijkomend groot voordeel voor de bedrijfsvoering is dat ook de arbeid gelijkmatiger over het jaar gespreid wordt. Bij deze trends zijn de al genoemde 'license to produce' en 'license to deliver' gegeven randvoorwaarden waarbij meer en meer zuinig met fossiele energie zal moeten worden omgegaan en waarbij ook met de andere milieueisen (uitspoeling nutriënten, emissie van gewasbeschermingsmiddelen, hergebruik van materialen) en met de productveiligheid in de bedrijfsvoering rekening moet worden gehouden. In deze visie richten we ons op de energieaspecten vanuit de invalshoek van onderzoeksprogramma 399: Energiebesparing in de beschermde teelten.

## Verwachte ontwikkelingen korte termijn

Op de korte termijn is de ontwikkeling op bedrijfsniveau gericht op optimalisatie van de bestaande bedrijfsvoering met de beschikbare bedrijfsuitrusting. In termen van levensduurcycli bevinden we ons dan op het laatste deel van de S-curve van het bestaande systeem: die van de optimalisatie. Iedere verdere verbetering kost dan onevenredig meer inspanning. Energie is dan vooral een input voor conditionering van de groeiomstandigheden waarbij vanouds de groeifactoren temperatuur, vocht en CO<sub>2</sub> centraal staan.

Voor de tuinder is de factor temperatuur een belangrijke stuurparameter voor gewasontwikkeling en -groei waarbij hij reageert op de gegeven randvoorwaarden zoals opgelegd door het buitenweer. Daarnaast wordt de factor temperatuur gebruikt om de factor vocht te sturen. De factor vocht wordt gezien als risicofactor bij het optreden van ziekten, waardoor kwaliteits- en opbrengstverlies optreedt, en een hoog vochtgehalte kan fysiologische afwijkingen veroorzaken. Zij wordt gestuurd door ventilatie en temperatuur, afzonderlijk of in combinatie (droogstoken).

Bij zijn temperatuurinstellingen heeft de tuinder oog voor zowel korte als lange termijn effecten. De inzichten en ervaringen verschillen hierbij nogal per tuinder zodat er rondom het basispatroon van temperatuurinstellingen door tuinders behoorlijk wordt gevarieerd. Hierbij varieert eveneens het resulterende energiegebruik zonder directe correlatie met productieniveau of productkwaliteit. Vooral de interactie met de factor vocht én de risico's van hoge luchtvochtigheid wordt door tuinders nogal verschillend benaderd, wat voor een deel de variatie in energiegebruik verklaart. Voor de factor temperatuur geldt dat continue verlaging van de teelttemperatuur met één graad gedurende de perioden met warmtebehoefte (buitentemperatuur is dan lager dan het set-point voor de kastemperatuur) een energiebesparing oplevert van ca 10%. Daarnaast wordt energie bespaard door temperatuurintegratie en wel meer naarmate de bandbreedte waarbinnen de temperatuur daarbij mag schommelen groter is. Bij een bandbreedte van 2°C (schommeling 1°C naar boven en 1°C naar beneden) is de jaarlijkse besparing ten opzichte van een regeling met constante set-points ca. 8% en bij een bandbreedte van 4°C wordt dit ca 12% (Energiebesparing op maat). Een verhoging van het set-point voor luchtvochtigheid met 5% levert een energiebesparing van 6-7% op (Energiebesparing op maat). In de factor temperatuur (en daaraan gekoppeld vocht) is dus veel te verdienen als er mogelijkheden zijn om de temperatuur continue te verlagen (of de gemiddelde temperatuur te verlagen), bij vergroting van de temperatuurbreedte of bij verhoging van het vocht set-point. Voor de huidige gewasvariëteiten kunnen de temperatuur- en vochtinstellingen nog verder worden geoptimaliseerd.

Het is te verwachten dat door grondige analyse van het klimaatinstellingsgedrag door tuinders en van de ingebakken vooronderstellingen hierbij, het gros van de tuinders de principes accepteert van de meest energiezuinige en toch hoog productieve tuinders. Het is gebleken dat de meest energiezuinige tuinders op ruime schaal gebruik maken van inzichten die door het onderzoek zijn verkregen en dit inpassen in hun eigen belevings- en ervaringswereld. Als goed voorbeeld kan tuinder Hendriks gelden, die 33 m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup> verbruikt voor zijn paprikateelt, waar gemiddeld ca. 40 m<sup>3</sup> gebruikt wordt.

Vanuit onderzoeksoogpunt is het daarom belangrijk wetenschappelijke inzichten zo te brengen dat de belevings- en ervaringswereld van een brede groep tuinders veranderen. Alleen dan zullen onderzoeksresultaten gemakkelijk hierin worden opgenomen.

De korte termijn ontwikkelingen op het gebied van temperatuursturing zijn dus vooral gericht op optimalisatie en op een betere implementatie van de factor vocht.

In het onderzoek is de relatie tussen temperatuur en fotosynthese binnen de gangbare temperatuurtrajecten voor de hoofdgewassen redelijk uitgezocht en in fotosynthese/groeimodellen opgenomen. Inzichten in de interactie met gewasontwikkeling nemen toe en hebben geleid tot het concept van temperatuur integratie. Op dit gebied zal vooral nog veel kennis moeten worden ontwikkeld ten aanzien van ontwikkelingsprocessen en adaptatie. Deze kennis nog niet zo ver dat zij in gewasontwikkelingsmodellen kan worden opgenomen. Daarom is op de korte termijn hier nog steeds de combinatie van fundamenteel inzicht en empirische kennis het beste werkbaar.

De factor CO<sub>2</sub> is sterk gelinkt met het energiegebruik. Een hoog CO<sub>2</sub> gehalte tot ca 1000ppm is overdag positief voor de gewasproductie. Dit wordt gelimiteerd door de verliezen door ventilatie en de CO<sub>2</sub> beschikbaarheid. Uiteraard is dit onderwerp van optimalisatie: wanneer levert CO<sub>2</sub> dosering nog wat op? Deze afweging wordt over een of enkele etmalen gedaan omdat de warmte die bij CO<sub>2</sub> generatie vrijkomt, wordt gebufferd. Voor het absolute energiegebruik heeft CO<sub>2</sub> dosering een opdrijvend effect omdat de extra opbrengsten snel groter zijn dan de extra brandstofkosten. Op korte termijn kan door optimalisatie nog energiebesparing worden bereikt.



Licht is voor enkele siergewassen, vooral rozen, een factor die via assimilatiebelichting mede in de conditionering wordt betrokken. Belichting voor dagverlenging, zoals bij chrysaant, kan vanuit het oogpunt van energiegebruik buiten beschouwing worden gelaten vanuit de zeer lage belichtingsintensiteit en het daaraan gekoppelde lage extra energiegebruik. Enkele jaren geleden is assimilatiebelichting bij vruchtgroentengewassen ook in de praktijk geïntroduceerd, vooral om aan de vraag naar leveringszekerheid in de afzetketen te kunnen voldoen. Het absolute energiegebruik neemt hierdoor toe, het is nog de vraag hoe het energiegebruik per eenheid product uitpakt. Op korte termijn is de verwachting dat het vooral om hoogwaardige gewassen gaat met een sterke positie op de markt. Het onderzoek is ook hier op de korte termijn gericht op optimalisatie van de gewas - licht interactie, van de elektriciteitsopwekking, van de lichtomzetting in de lamp en van de combinatie van licht- en warmte benutting.

De behoefte aan totale conditionering heeft ook geleid tot het gesloten kasconcept dat na een periode van onderzoek nu op een praktijkbedrijf van 1.4 ha is geïntroduceerd. Op de korte termijn zal vooral ervaring moeten worden opgedaan met dit concept. In de gesloten kas kan zowel temperatuur als vocht onafhankelijk worden gestuurd. In de zomer wordt meer warmte onttrokken dan voor verwarming nodig is zodat het nodig is niet gesloten kassen hiermee te verwarmen of warmte te vernietigen. Het energiegebruik wordt bepaald door de benodigde ventilatoren (jaarrond) en de aandrijfenergie van het benodigde warmtepumpsysteem (bij warmtebehoefte). Het principe van verlaging van de gemiddelde teelttemperatuur levert dus ook hier energiebesparing op. De ontvochtiging door koeling hoeft geen extra energie te kosten als hierna niet verwarmd hoeft te worden. In het stookseizoen is dit wel nodig zodat deze manier van droogstoken ook hier extra energie kost.

## **Verwachte ontwikkelingen lange termijn**

Bij de lange termijn ontwikkelingen zijn het vooral vernieuwingen in de bedrijfsuitrusting die weer een nieuwe stap in energiebesparing mogelijk maken. Daarbij kunnen we in termen van levensduurcycli overstappen naar vrijwel het begin van een nieuwe S-curve die eerst op het steile deel kan worden doorlopen voordat we aan het laatste deel van de optimalisatie terechtkomen. De sector (LTO) heeft op de langere termijn als doelstelling geformuleerd dat vanaf 2020 nieuwe kassystemen volledig op duurzame energie zijn overgeschakeld.

Het valt te verwachten dat de ontwikkelingen in de afzetketen en schaalvergroting hand in hand blijven gaan. Daarbij zal de informatiestroom door de keten toenemen gericht op traceerbaarheid van producten en de karakterisering van hun kwaliteit. De schaalgrootte maakt ook de hoge investeringen in verdere automatisering en robotisering mogelijk. Deze ontwikkelingen worden vooral gedreven door de hoge arbeidskosten en de slechte beschikbaarheid van arbeid maar maakt ook een toename van de informatiestroom door de keten mogelijk. Kastuinbouwbedrijven met geautomatiseerde logistiek zijn al ontwikkeld, het valt te verwachten dat robotisering binnen afzienbare tijd technisch en economisch mogelijk wordt. Voor de implementatie hiervan zullen de teeltsystemen hierop moeten worden aangepast. Er kan verwacht worden dat gewas- en productuniformiteit (dit uiteraard binnen een goed gedefinieerde kwaliteitsklasse) daarvoor belangrijke eigenschappen worden en dat de gewasgeometrie hiervoor zal worden aangepast omdat open structuren beter toegankelijk zijn voor robots. Via een ruimtelijk gezien gelijkmatig klimaat kan dit worden ondersteund zodat de behoefte aan een meer homogeen klimaat zal toenemen. Dit heeft een indirecte relatie met energiegebruik. Verder valt te verwachten dat robotisering nieuwe logistieke systemen vraagt met mobiele gewassen die hiervoor voldoende robuust moeten zijn.

De behoefte aan meer en meer beheerste conditionering zal door de eisen aan productkwaliteit en uniformiteit groot blijven, zelfs toenemen.

Assimilatiebelichting zal voor toenemende conditionering een aantrekkelijk gereedschap blijven, de vraag is waar de energetische grenzen hiervan liggen en of grootschalige introductie vanuit energetisch oogpunt kan worden verdedigd. Als inderdaad de claim van een betere energie-efficiëntie klopt in de huidige situatie dan is de vraag hoeveel dit beter is, en of verdere verbetering mogelijk is in het verlengde van de Glami afspraken. Gezien de 2020 duurzame energie doelstelling van de sector dringt de vraag zich op of in de energievoorziening vanuit duurzame bronnen ('groene stroom') kan worden voorzien. Een scenario studie zou hierover uitsluitsel kunnen geven waarin ook de afhankelijkheid van een verbetering van de lampefficiëntie en meer efficiënte elektriciteitsopwekking kan worden onderzocht.

Ook het gesloten kasprincipe is gericht op verbeterde conditionering. Het is aantrekkelijk vanwege de productiestijging door het continue hoge CO<sub>2</sub> gehalte, de onafhankelijke stuurmogelijkheden voor temperatuur en vocht, het verminderen van de plaagdruk en de energiebesparing die door de opslag van zomerwarmte en gebruik van een warmtepomp wordt gerealiseerd. Er wordt in de zomer wel ongeveer 3 à 4 maal zo veel warmte onttrokken dan voor verwarming nodig is zodat deze warmte kan worden ingezet om niet gesloten kassen te verwarmen. De gesloten kas heeft mogelijkheden voor verdere energiebesparing door verbetering van de isolatiewaarde van de kas. Daardoor is minder warmtepompvermogen nodig voor verwarming. Het overschot van de onttrokken zomerwarmte stijgt dan evenwel zodat een groter areaal niet gesloten kassen van warmte voorzien kan worden. Vanuit energetisch oogpunt is er nu ruimte voor een areaal gesloten kassen dat ongeveer een derde is van het er aan gekoppeld areaal niet gesloten kassen. Vanuit energetisch oogpunt zal dat aandeel bij toenemende isolatiewaarde afnemen. De gesloten kas zou ook het energiesurplus aan partijen buiten de sector kunnen leveren waarbij de kastuinbouw als energieleverancier optreedt. Dit sluit aan bij de gedachten over de kastuinbouw als energiebron. De mogelijkheden hiervoor zullen niet zo zeer door technische aspecten worden bepaald als wel door de marktbehoefte aan laag thermische energie door partijen buiten de kastuinbouwsector waarbij bedacht moet worden dat voor het transport van laagwaardige energie over enige afstand dure transportsystemen nodig zijn waardoor zeer grote waterdebieten moeten worden gepompt (voor 1 m<sup>3</sup> aardgasequivalent energie en 10 K temperatuurverschil tussen aan- en afvoer van het transportwater moet ongeveer 1 m<sup>3</sup> water worden verpompt). Deze aanpak zal een compleet andere organisatie van de energievoorziening op gebiedsniveau vereisen waarbij andere aanbieders van laagwaardige energie als concurrent zullen optreden. In deze opzet blijft voor de aandrijving van de energicyclus op zowel het tuinbouwbedrijf als bij de afnemers van laagwaardige energie nog steeds hoogwaardige energie nodig. In de 2020 doelstelling zal hierin op het tuinbouwbedrijf door duurzame energie moeten worden voorzien. De mogelijkheden voor de opzet van een regionale energievoorziening en de hierin optredende concurrentie voor levering van laagwaardige energie zullen voor een groot deel bepalen in welke richting de ontwikkeling zal gaan: goed geïsoleerde gesloten kassen geïntegreerd in regionale energielevering, goed geïsoleerde gesloten kassen in combinatie met een groot areaal goed geïsoleerde niet gesloten kassen of goed geïsoleerde kassen die zo lang mogelijk gesloten worden gehouden. Het is vanuit energetisch oogpunt onwenselijk om de zomerwarmte van gesloten kassen in de winter via bijv. koeltorens te vernietigen.

Het valt te verwachten dat het materiaalonderzoek nieuwe of verbeterde kasdekmaterialen oplevert waardoor de isolatiewaarde toeneemt bij gelijkblijvende lichttransmissie. Hierdoor neemt de primaire energiebehoefte af maar zal vochtbeheersing nog meer op de voorgrond treden dan bij de conventionele kasteelt. Bij introductie van beter isolerende kasdekken wordt echter een flinke stap in energiebesparing gemaakt, daarna is optimalisatie nodig om er het uiterste uit te halen. Ook bij beter geïsoleerde kassen geldt dat verlaging van de gemiddelde teelttemperatuur of vergroting van de bandbreedte nog steeds dezelfde relatieve besparing oplevert als bij niet geïsoleerde kassen. Het energiegebruik blijft namelijk lineair afhankelijk van het gemiddelde temperatuurverschil met buiten, natuurlijk is wel de richtingscoëfficiënt verlaagd.

Een voorbeeld van de energiebesparing op jaarrond basis bij een energie-intensief gewas (paprikateelt) wordt in Tabel 1 gegeven zoals berekend met Kaspro. Daarin zijn twee afzonderlijke stappen voor energiebesparing zichtbaar. De eerste stap is toenemende isolatiewaarde en de tweede stap is oogsten van zomerwarmte, seizoensopslag van energie en gebruik van een warmtepomp voor het verwarmen met de opgeslagen laagwaardige energie. In Tabel 1 is te lezen dat opslag van zomerwarmte en benutting door een warmtepomp ook voor de huidige kas-systemen energiebesparing oplevert. De energiebesparing neemt toe met toenemende isolatiewaarde. Daarbij nemen ook de benodigde aquifer- en warmtepompcapaciteit af.

Tabel 1.1. Door Kaspro berekend energiegebruik (in  $m^3$  aardgasequivalenten (AGE) per jaar per  $m^2$  kas) van een conventionele paprikateelt door enerzijds toenemende isolatiewaarde en anderzijds installatie van aquifer en warmtepomp.

Beschrijving dek	Energiegebruik ( $m^3$ AGE/jr/ $m^2$ ) zonder aquifer en WP	Energiegebruik ( $m^3$ AGE/jr/ $m^2$ ) met aquifer en WP
Enkel normaal	53	38
Enkel eenzijdig lage $\epsilon^*$	48	34
Enkel normaal met scherm	40	29
2 laags normaal	40	26
3 laags normaal	33	20
2 laags, lage $\epsilon$ alzijdig (nnr <sup>**</sup> )	28	16
3 laags, lage $\epsilon$ alzijdig (nnr <sup>**</sup> )	26	12

\* lage  $\epsilon$ : lage emissiecoëfficiënt voor thermische straling

\*\* nnr: nog niet realiseerbaar

Op het ogenblik is de best mogelijke situatie van dubbel dek plus energiescherm te realiseren. Een dubbel dek met vergelijkbare lichttransmissie van die van enkel glas is nu namelijk beschikbaar. Dit komt zeer dicht bij de situatie '3 laags normaal' uit de tabel. De daarop volgende situaties '2 laags, lage  $\epsilon$  alzijdig' en '3 laags, lage  $\epsilon$  alzijdig' zijn nog niet realiseerbaar maar geven aan welke energiebesparing mogelijk wordt door nieuw te ontwikkelen kasdek-materialen. Naarmate de isolatiewaarde toeneemt zullen hogere eisen aan de vochtbeheersing worden gesteld. Meer resistentie tegen met hoge vochtgehalten samenhangende ziekten en fysiologische afwijkingen zal de speelruimte in de vochtbeheersing groter maken.

In de conditionering van de groeifactoren zal op de langere termijn meer fundamentele kennis beschikbaar komen over de interactie met gewasrespons. Daarmee kunnen vanuit de regeltechniek op een meer vruchtbare manier de principes van moderne regeltheorie gericht op optimale regeling worden geïmplementeerd. Hierdoor wordt sturing van gewasopbrengst en -kwaliteit mogelijk in plaats van sturing van de groeifactoren. Hierdoor zal de teler scherper op doelen kunnen sturen omdat hij dit dan niet meer via zijn klimaatinstellingen hoeft te doen.

Bij de implementatie van duurzame energie valt te verwachten dat in de kasuinbouw zonne-energie beter kan worden geëxploiteerd omdat de kas nu eenmaal een zonnecollector is. Door in de zomer warmte te oogsten en op te slaan in een aquifer wordt veel duurzame energie geïmplementeerd en bespaard op primair energiegebruik zoals in Tabel 1 gedemonstreerd. De opslag is bij relatief lage temperatuur (18-25°C), zodat voor de dekking van de warmtebehoefte een warmtepomp nodig is. Zowel voor open als gesloten kassen geldt voor de energiebehoefte dat naarmate de isolatiewaarde beter is een kleinere warmtepomp nodig is en minder primaire energie wordt gebruikt. Door de implementatie van zonne-energie via warmteopslag en warmtepomp in de huidige kassen wordt al 25-30% fossiele energie bespaard, als hierbij een dubbel dek met energiescherm wordt ingezet wordt de besparing meer dan 60% (zie Tabel 1). Op de lange termijn kan dit nog toenemen als nog beter isolerende, hooglichtdoorlatende kasdekken beschikbaar komen.

Bij een geheel op duurzame energie overgeschakeld kasuinbouwsysteem zal het energiesysteem (de warmtepomp en de hulpapparatuur) met duurzame energie moeten worden aangedreven. Naarmate de energiebehoefte lager is, is hiervoor minder duurzame energie nodig en wordt dit een reëler optie. Voor de nu haalbare optie van hoog lichtdoorlatend en warmte-isolerend dubbeldek plus energiescherm is voor dekking via biomassa een areaal biomassa van 34 ha per ha kas nodig bij volledige benutting van de verbrandingswaarde van de biomassa. Via windenergie is dan een windmolen nodig met een nominaal vermogen van 600 kW per ha kas. Met PV zonnecellen zou 1.2 ha van de huidige cellen nodig zijn per ha kas. Voor zowel windenergie als zonnecellen zou het publieke net als buffer moeten worden gebruikt. Als het publieke net niet als buffer kan worden gebruikt moet een extra warmtebuffer worden aangelegd die door de warmtepomp wordt gevuld met warm verwarmingswater bij beschikbare duurzame energie.

Voor windenergie is dit nog realiseerbaar omdat het windenergiepatroon redelijk overeenkomt met het energie-behoeftepatroon. Het PV zonne-energie patroon heeft sterke variatie over zowel dag-nacht als zomer-winter en loopt volledig uit de pas met het energiebehoeftepatroon zodat buffering van hiermee opgewekt warm verwarmingswater niet haalbaar is. Om ook de assimilatiebelichte teelten via duurzame energie in hun energiebehoefte te laten voorzien zullen de bovengegeven getallen met ongeveer een factor 5 moeten worden vermenigvuldigd. Bij voorziening via windenergie of PV zonne-energie is dan energiebuffering (elektriciteit) niet mogelijk zodat dit via het publieke net zou moeten gebeuren.

## Conclusies

De kasuinbouwsector is meer en meer consumentgedreven geworden waarbij zij partner is geworden in de afzetketen. Dit versterkt het proces van opschaling en de behoefte aan meer en meer in de hand hebben van de productie-factoren om zowel een afgesproken constante kwaliteit als een afgesproken constante kwantiteit te kunnen leveren (license to deliver). Daarbij wordt in het begrip kwaliteit door de consument ook een milieuvriendelijke manier van produceren inbegrepen. Dit wordt bovendien door de maatschappij als randvoorwaarde opgelegd (license to produce). Met de bedrijfstak zijn hierover de Glami afspraken gemaakt over te realiseren doelstellingen. Bovendien heeft de sector als doelstelling gesteld om in 2020 nieuwe kassystemen alleen met duurzame energie te bedrijven. Dit kan alleen door de energiebehoefte van kassystemen drastisch te verminderen

Op de korte termijn wordt energiebesparing bereikt door optimalisatie van de klimaatregeling in de huidige kassystemen. De behoefte aan meer en meer conditionering en een constante afzet stimuleert de invoering van assimilatiebelichting en het meer en meer gesloten maken van de kas.

Bij assimilatiebelichting gaan de grote voordelen van productietoename en meer constante productie gepaard met ongeveer evenredige toename van het energiegebruik. Hierbij zal het energiegebruik per eenheid product slechts gradueel kunnen dalen. Voorziening in de energiebehoefte via duurzame energie zal een lastige opgave zijn. Voor de gewaseigenschappen valt energiewinst te behalen als de fotosynthese-efficiëntie zou kunnen worden verbeterd door bijv. een aangepaste gewasgeometrie. Optimaliseren van de gewasproductie bij lagere teelttemperatuur of hogere RV heeft niet zo veel zin omdat het energieaanbod bepaald wordt door de belichtingssterkte en dit in de huidige kassen geen beperking oplegt aan zowel temperatuur als RV in het te realiseren kasklimaat. Beter isoleren van een assimilatiebelichte kas is alleen zinvol als het dan ontstane overschot aan laagwaardige energie kan worden onttrokken en kan worden afgezet.

Bij de gesloten kas zijn er zowel de voordelen van productieverhoging en residuvrije productie als energiebesparing. Deze besparing wordt bereikt door opslag van zomerwarmte en gebruik hiervan in de winter via een warmtepomp. In de zomer wordt meer warmte onttrokken om de kas gesloten te houden dan in de winter nodig is voor verwarming zodat de zomerwarmte voor volledige benutting ook via een warmtepomp moet worden toegepast in een circa drie maal groter areaal niet gesloten kassen. Om een voortgaande energiebesparing te realiseren zullen zowel de gesloten als niet gesloten kassen beter moeten worden geïsoleerd waarbij steeds meer niet gesloten kassen nodig zijn om de constant blijvende hoeveelheid onttrokken zomerwarmte te benutten. De vraag is of dit meerwaarde oplevert ten opzichte van een totaal aan goed geïsoleerde kassen die zo veel mogelijk gesloten worden gehouden en waarin precies zo veel zomerwarmte wordt onttrokken om de warmtebehoefte te dekken. Meerwaarde is denkbaar als de overtollige warmte uit de gesloten kas elders kan worden afgezet. Om de sector doelstelling van duurzame energievoorziening na 2020 te realiseren zal zeer goede isolatie van toekomstige kassystemen nodig zijn. Voor wat betreft de dan relevante gewaseigenschappen geldt dat telen bij lagere temperatuur of met grotere temperatuurbandbreedte ook dan energiewinst oplevert. In goed geïsoleerde kassystemen is relatief veel energie nodig voor ontvochtiging. Een betere tolerantie tegen een permanent hogere RV en een grotere RV bandbreedte levert ook energiewinst op.

Een betere benutting van CO<sub>2</sub> is autonoom ten opzichte van de hierboven genoemde factoren en zal altijd moeten worden nagestreefd. Voor meer of volledig gesloten kassen telt dit extra.

In toekomstige kassystemen valt ook te voorzien dat robotisering met de hierop toegesneden logistiek en teeltsystemen zal worden geïntroduceerd. Hoewel dit weliswaar geen direct verband heeft met energiebesparing kan toch opgemerkt worden dat gewaseigenschappen als uniformiteit, stevigheid en open geometrie dit gemakkelijker maken.

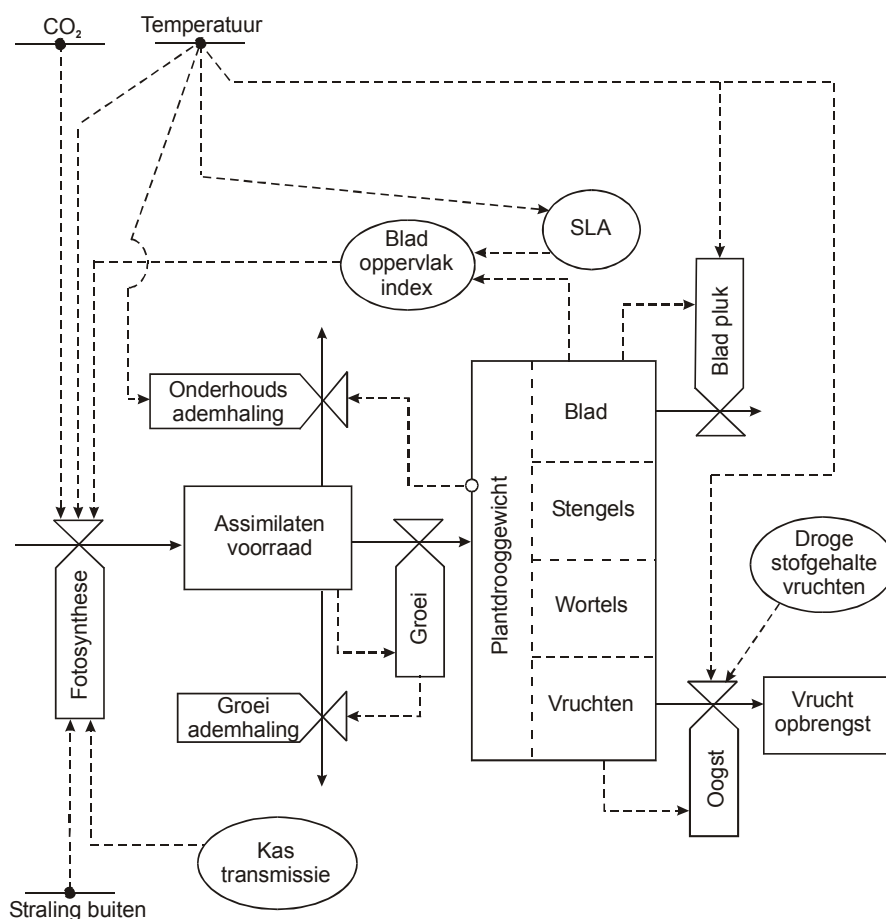
## Bijlage IIA.

# Gewasgroei en productie: analyse op basis van onderliggende processen

Anja Dieleman & Leo Marcelis, Plant Research International en Ep Heuvelink, Wageningen Universiteit

In het voorgaande hoofdstuk is een visie gegeven op toekomstige ontwikkelingen in de glastuinbouw. Om gewaseigenschappen die relevant zijn voor deze ontwikkelingen te kunnen detecteren, is een goed beeld nodig van de processen die gewasgroei en productie bepalen. Deze onderliggende processen en de beïnvloedende factoren staan in dit hoofdstuk beschreven.

Om gewasgroei en opbrengst te analyseren is onderstaande figuur behulpzaam:



*Figuur 1. Vereenvoudigd relatiediagram dat de groei van een vruchtgroentengewas in de kas weergeeft. Rechthoeken zijn toestandsgrootheden, cirkels en ellipsen zijn parameters en kranen geven snelheden weer. Doorgetrokken lijnen geven stroom van koolstof weer, onderbroken lijnen geven informatiestroom weer. SLA = specifiek bladoppervlak.*

## Opbouw bladoppervlak en plantlengte

Voor de groei van planten is het licht dat door de groene bladeren wordt opgevangen van essentieel belang. De hoeveelheid onderschept licht hangt volgens een verzadigingsfunctie samen met de bladoppervlakte-index (LAI). Dat is de hoeveelheid bladoppervlak per hoeveelheid grondoppervlakte. Bij een jong gewas (LAI bijvoorbeeld 0.5) zal een toename in de LAI de lichtonderschepping en daarmee de fotosynthese sterk doen toenemen. Bij een volgroeid gewas (bijvoorbeeld een LAI van 3) zal extra bladoppervlak nauwelijks meer lichtonderschepping geven en dus ook nauwelijks toename in de fotosynthese. De opbouw van bladoppervlak wordt vooral door de temperatuur bepaald en hangt af van de bladafplitsingssnelheid (vorming van nieuwe bladeren) en de oppervlakte per blad. Een verlaging van de temperatuur geeft vertraging in de gewasontwikkeling. Het gaat hierbij om de afsplitsing van nieuwe bladeren, die vaak in een ruim temperatuurtraject (bijv. 17-27°C) lineair of vrijwel lineair toeneemt met de temperatuur. Voor tomaat is gevonden dat, alhoewel de bladafplitsingssnelheid verschillend is voor verschillende cultivars, de reactie op temperatuur voor alle cultivars hetzelfde is (De Koning, 1994). Voor sommige gewassen gaat de opbouw van bladoppervlakte ook sneller bij hogere lichtintensiteit of een hoge luchtvochtigheid (bijv. komkommer). Bij tomaat is echter behalve een lage luchtvochtigheid ook een hoge luchtvochtigheid ongunstig voor de bladstrekking en daarmee de opbouw van lichtonderschepping. Een lagere temperatuur leidt vaak tot dikkere bladeren (Heuvelink, 1989; Venema e.a., 1999). Dit is met name voor een jong gewas ongunstig. Als we aannemen dat er per dag een bepaalde hoeveelheid assimilaten voor bladgroei beschikbaar is, dan is het gunstiger om dat te besteden aan meer bladoppervlakte dan (deels) aan dikkere bladeren. Maakt de plant dikkere bladeren, dan komt de opbouw van 'volledige' lichtonderschepping langzamer op gang. Het verlies ten gevolge van alle licht dat in deze fase op de grond valt in plaats van op het gewas is niet meer in te halen. Dikkere bladeren ontstaan ook bij hogere lichtintensiteit, watergebrek of hoge EC in het wortelmilieu of een hogere CO<sub>2</sub> concentratie.

Door de vertraagde gewasontwikkeling bij lagere temperatuur zullen de planten ook korter zijn. Dit komt door het geringere aantal bladeren en dus internodiën (stengeldeel tussen twee bladeren). De internodiën lengte wordt niet anders bij een lagere gemiddelde etmaaltemperatuur omdat deze vooral door het verschil tussen dag- en nachttemperatuur (DIF) bepaald wordt, zoals duidelijk is aangetoond voor chrysant (Carvalho e.a., 2003). Een hogere DIF geeft langere internodiën (Heuvelink, 1989; Carvalho e.a., 2003). Plantlengte, of meer algemeen de vormgeving en ontwikkeling van de plant (fotomorfogenese) wordt ook sterk beïnvloed door de kleur van het licht, het lightspectrum. Blauw licht geeft kortere planten, terwijl een lage Rood/Verrood verhouding tot sterke strekking leidt. Ook vormen planten onder laatstgenoemde conditie minder zijscheuten en grotere, dunnere bladeren, terwijl meer blauwe straling tot de vorming van meer zijscheuten en kleinere, dikke bladeren leidt. Dit is een ongewenst effect voor vruchtgroenten.

## Fotosynthese en ademhaling

Onder fotosynthese verstaan we de aanmaak van suikers in de plant, vanuit de via de huidmondjes in het blad opgenomen CO<sub>2</sub>. De belangrijkste factor voor de fotosynthese is de lichtintensiteit: een hogere lichtintensiteit (tot ongeveer 200 W/m<sup>2</sup> voor individuele bladeren van bijv. tomaat of komkommer) doet de fotosynthese toenemen. Voor een gewas als geheel neemt de fotosynthese echter ook bij hogere lichtintensiteiten nog steeds verder toe. Over het algemeen is de bladfotosynthesesnelheid, en zelfs in sterkere mate de gewasfotosynthesesnelheid weinig gevoelig voor temperatuur in een vrij breed traject (bijv. 17-24°C). Komen we hierbuiten dan zal verlaging van de fotosynthese optreden. De fotosynthese wordt duidelijk positief beïnvloed door een hogere CO<sub>2</sub> concentratie (tot ca. 1000 ppm). Bij de CO<sub>2</sub>-opname via de huidmondjes spelen grenslaagweerstand en huidmondjesweerstand een rol. De grenslaagweerstand wordt veroorzaakt door het dunne laagje stilstaande lucht rond een blad en neemt af bij meer luchtbeweging, en is groter voor bladeren die behaard zijn dan voor onbehaard blad en is groter voor grote bladeren. Verminderde weerstand zal de fotosynthese positief beïnvloeden. Hierdoor is er ook verband met bijv. luchtvochtigheid. Bij een lage luchtvochtigheid zal de plant de huidmondjes gedeeltelijk sluiten indien de wateropname de verdamping niet meer kan bijbenen. In dat geval neemt de fotosynthese af.

Ademhaling hangt voor een deel, namelijk de onderhoudsademhaling, sterk af van de temperatuur. Hierbij is het echter zo dan een suboptimale temperatuur tot minder onderhoudsademhaling leidt, in principe een positief effect. Echter, bij lagere teelttemperaturen ontstaat in het algemeen een zwaarder gewas (dikkere stengels, dikker blad, grotere vruchten) en dat zal dan per m<sup>2</sup> tot een verhoging van de onderhoudsademhaling leiden. Dit omdat deze onderhoudsademhaling proportioneel is met de totale biomassa die per m<sup>2</sup> aanwezig is. Combinatie van beide effecten, minder ademhaling per eenheid van biomassa, maar een zwaarder gewas, leidt tot vrijwel geen invloed van temperatuur op de langere termijn op de ademhaling van de gehele plant.

## Assimilatenverdeling

Bij de vruchtgroenten zijn de vruchten de belangrijkste sinks aan de plant en zij zijn vooral bepalend voor de assimilatenverdeling. Vruchtzetting in tomaat is optimaal bij temperaturen tussen 18 en 20°C (De Koning, 1994). Een verminderde vruchtzetting bij suboptimale temperatuur is niet het gevolg van effecten op de stigma of eicel, maar is het gevolg van de vorming van pollenkorrels van een verminderde kwaliteit (review door Picken, 1984). Zowel een hoge als een lage luchtvochtigheid vermindert de vruchtzetting. Bij hoge luchtvochtigheid (met name in de ochtend) komen de pollenkorrels niet los van de helmhokken, terwijl een lage luchtvochtigheid (met name in de middag) de stigma doet uitdrogen zodat de pollenkorrels hier onvoldoende op kunnen hechten en kiemen. Pollenkieming wordt met name nadelig beïnvloed door een hoge luchtvochtigheid wanneer deze optreedt in combinatie met hoge temperaturen (Peet e.a., 2004). Vruchtzetting wordt ook beïnvloed door de assimilatenbeschikbaarheid (Marcelis *et al.*, 2004), dus meer licht, ruimer planten of een hogere CO<sub>2</sub> concentratie zullen in principe tot een betere vruchtzetting leiden.

Een lagere temperatuur geeft vertraging in de bladafsplitsing en daarmee ook in de snelheid waarmee nieuwe bloemen/trossen gevormd worden. Bij paprika, komkommer en aubergine worden echter heel veel meer bloemen gevormd dan er vruchten ontstaan dus deze vertraagde bloemvorming zal geen inperking van de totale productie betekenen. Voor tomaat zou dat wel het geval kunnen zijn. Voor alle vier de vruchtgroenten betekent een lagere temperatuur bij jonge planten een vertraging in de bloem- en trossaanleg. Dat kan betekenen dat de vroege productie geringer is, zoals bij tomaat. Bij paprika leidt een lagere temperatuur (bijv. 18°C in plaats van 20°C) echter tot een betere vruchtzetting zodat er juist eerder vruchten aan de plant zitten dan bij een hogere temperatuur. Sommige gewassen zoals snijchrysant en een aantal potplanten leggen uitsluitend bloemen aan bij een minimale nachtlengte (zgn. kortedag planten).

De uitgroeiduur (van bloei tot oogstrijp) van een vrucht neemt toe bij lagere temperatuur, omdat de ontwikkelingsnelheid van de vrucht negatief beïnvloed wordt, net als de gewasontwikkelingsnelheid die hiervoor genoemd is. Zo heeft een tomatenvrucht bij 20°C ongeveer een uitgroeiduur van 8 weken, terwijl dit bij 17°C 10 weken bedraagt (De Koning, 1994). Door de langere uitgroeiduur bij lagere temperatuur neemt het gemiddeld vruchtgewicht toe, er vanuit gaande dat het aantal vruchten dat zet niet verandert. Zou dit ongewenst zijn dan kan dit in het algemeen makkelijk worden tegengegaan door iets dichter te planten (of een iets hogere stengeldichtheid aan te houden). Ook de uitgroeiduur van bijv. roos (van knopuitloop tot oogstbare bloem) neemt af met de temperatuur. Voor chrysant geldt dat zowel hoge (>25°C) als lage (<17°C) temperaturen de ontwikkeling vertragen en daarmee de tijd van begin kortedag tot oogstbare tak en dus de teeltduur doen toenemen.

## Drogestofgehalte in planten en vruchten

Het drogestofgehalte van de verschillende plantenorganen wordt vooral beïnvloed door de beschikbaarheid van water in het wortelmilieu. Deze beschikbaarheid kan gemeten worden als waterpotentiaal, en is vooral afhankelijk van het watergehalte in het wortelmedium en de EC in het wortelmilieu (elektrische geleidbaarheid). Een hogere EC geeft een hoger drogestofgehalte. Bij tomaten is bekend dat teelt bij hogere EC, met als gevolg een hoger drogestofgehalte in de vrucht, ook een beter smakende vrucht oplevert. Marcelis (1993) vond voor komkommer een sterke toename van het drogestofgehalte in de vruchten bij lagere temperatuur. Bij 25°C was dit drogestofgehalte 2.8%, terwijl het bij 18°C 3.2% bedroeg. Bij gelijkblijvende groei zal een temperatuurverlaging bij komkommer dus tot een verlaging van de versgewichtproductie leiden.

## Verdamping, water- en nutriëntenopname

Verdamping is van belang voor de opname en het transport van nutriënten in de plant. Door de verdamping ontstaat een stroom van water door het wortelmedium naar het worteloppervlak en zo worden ook nutriënten naar de wortels toegevoerd: massastroming. Daarnaast geeft verdamping de plant de kans zich te koelen. De drijvende kracht achter verdamping is het verschil tussen de waterdampconcentratie in de huidmondjes (waar de relatieve luchtvochtigheid 100% is), en die in de kaslucht. Gemiddeld gebruikt een tomatenplant ongeveer 10% van het opgenomen water voor gewichtstoename van bladeren, stengels en vruchten. Ongeveer 90% van het opgenomen water wordt dus verdampt. Uit diverse proeven is echter naar voren gekomen dat de verdamping van verschillende vruchtgroenten en snijbloemen met 10 tot 30% verlaagd kon worden, zonder opbrengst en kwaliteit in te leveren.

Calcium is een voedingselement dat bij veel kwaliteitskenmerken een rol speelt, zoals neusrot bij tomaat en paprika, inwendig rot in Chinese kool en inwendig rand in sla. Calcium in de plant wordt met de waterstroom mee vervoerd en daardoor kunnen gemakkelijk tekorten ontstaan op plekken met weinig verdamping, zoals het uiteinde van een vrucht. Dit speelt des te meer wanneer de bladeren veel verdampen waardoor relatief veel water en dus relatief veel van de calcium naar de bladeren gaat en weinig naar vruchten of groeipunten. Een hogere luchtvochtigheid is dus gunstig om calciumgerelateerde problemen in vruchten tegen te gaan.

## Tenslotte

Hoge luchtvochtigheid, vaak het gevolg van energiebesparingsmaatregelen in de kas, geeft meer kans op aantasting door ziekten zoals *Botrytis* of *Fusarium*. Aangetaste planten kunnen volledig verloren gaan, maar ook als dat niet het geval is, zal er in ieder geval opbrengstverlies optreden. Hoge luchtvochtigheid ( $\geq 85\%$ ) tijdens de teelt heeft ook gevolgen voor de kwaliteit van snijbloemen (bijvoorbeeld roos en *Bouvardia*) en potplanten (bijvoorbeeld *Begonia* en *Kalanchoe*) in de naoogstfase. De symptomen zijn typisch gerelateerd aan een negatieve waterbalans: blad- en bloemverwelking, verdorde bladeren, slappe nekken en versnelde bloem- en knopval (Torre & Fjeld, 2001). Bekend is ook het feit dat bij teelt onder hoge RV een deel van de huidmondjes van rozen niet meer normaal functioneren (Mortensen & Fjeld, 1995). Bij waterstress tijdens het vaasleven gaan ze niet dicht, de verdamping blijft te hoog en soms al binnen een dag zijn de bladeren verwelkt en is de sierwaarde van het product verloren gegaan.



## Deeltaak IIB.

### Gewenste gewaseigenschappen

Anja Dieleman & Leo Marcelis, Plant Research International en  
Ep Heuvelink, Wageningen Universiteit

Wanneer energiebesparende maatregelen worden toegepast heeft dit over het algemeen grote consequenties voor het kasklimaat. Vooral maatregelen die gericht zijn op het verlagen van de (gemiddelde) kasluchttemperatuur, het toestaan van grotere fluctuaties in kasluchttemperatuur en het toestaan van perioden met een hogere luchtvochtigheid kunnen het energieverbruik in de kas verlagen. Bovendien zijn voor een hoge energie-efficiëntie genotypen nodig die zowel CO<sub>2</sub> als zon- en assimilatielicht efficiënt benutten.

In voorgaande paragraaf is beschreven welke plantprocessen een rol spelen bij de groei en productie van gewassen. In deze paragraaf wordt beschreven welke gewaseigenschappen aangepast zouden moeten worden om bij een veranderd, op energiebesparing gericht, klimaat toch een goede groei en productie te kunnen handhaven.

#### Gewenste gewaseigenschappen vruchtgroenten

1. Hoge bladafsplittingsnelheid  
Verlaging van de gemiddelde kasluchttemperatuur leidt tot een lagere bladafsplittingsnelheid. Dit zou gecompenseerd kunnen worden door een genotype dat bij de referentietemperatuur al een hoge bladafsplittingsnelheid kent. Uit werk van De Koning (1994) is bekend dat in ieder geval voor tomaat er rasverschillen bestaan in bladafsplittingsnelheid, terwijl de respons van bladafsplittingsnelheid op temperatuur voor alle rassen identiek bleek te zijn.
2. Vorming van grote dunne bladeren aan begin van de teelt  
Een verlaging van de gemiddelde kasluchttemperatuur leidt tot dikkere bladeren, hetgeen met name in de beginfase van de teelt nadelig is (minder snelle opbouw van bladoppervlak en lichtonderschepping). Derhalve is een genotype dat dunne bladeren maakt (ook bij een lagere teelttemperatuur) gunstig.
3. Hoge efficiëntie van de fotosynthese  
Dit is van belang voor efficiënt gebruik van zowel zonlicht als assimilatielicht en CO<sub>2</sub>, zodat energie-efficiëntie toeneemt. Met dezelfde hoeveelheid licht en/of CO<sub>2</sub> wordt meer productie gemaakt.
4. Lage grenslaagweerstand  
Voor de fotosynthese is een lage grenslaagweerstand gewenst, vanuit de verdamping geredeneerd niet. Een lage grenslaagweerstand verhoogt namelijk zowel de fotosynthese als de verdamping. Door een lagere grenslaagweerstand zal zowel licht als CO<sub>2</sub> efficiënter benut worden (hogere fotosynthese bij gelijke klimaatcondities). Bij hoge CO<sub>2</sub> concentraties is de grenslaagweerstand voor de fotosynthese van minder belang, maar het belang voor verdamping blijft vrijwel gelijk.
5. Lage ademhalingsnelheid  
Dit betreft de onderhoudsademhaling. Lagere kosten hiervoor betekent dat de productie toeneemt onder gelijkblijvende omstandigheden, hetgeen een hogere energie-efficiëntie betekent.
6. Goede vruchtzetting  
Lagere kasluchttemperaturen en hoge RV geven problemen met vruchtzetting en onder andere daardoor een productieverlaging. Genotypen die ook onder deze omstandigheden goede vruchtzetting vertonen zijn noodzakelijk.

7. Snelle uitgroei duur vruchten  
Een lagere gemiddelde kasttemperatuur vertraagt de vruchtuigroei. Door een genotype te gebruiken dat bij referentietemperatuur een snellere vruchtuigroei kent, kunnen we bij de verlaagde temperatuur toch op de oorspronkelijke vruchtuigroei uitkomen.
8. Lage verdampingsnelheid  
Vochtafvoer vanuit de kaslucht kost veel energie. Genotypen die minder verdamping hebben per eenheid groei, zijn derhalve gunstig. Het gaat dan om een verhoogde watergebruiksefficiëntie, echter zonder dat het totale productieniveau omlaag gaat.
9. Brede range optimale temperaturen voor fotosynthese  
Genotypen met een brede temperatuurrange voor fotosynthese bieden mogelijkheid van temperatuurintegratie en derhalve energiebesparing. Het gaat hierbij met name om temperaturen lager dan circa 17°C en hoger dan circa 25°C, omdat binnen dit temperatuurtraject verschillen in fotosynthese beperkt zijn, maar daarbuiten niet.
10. Brede range optimale temperaturen voor ontwikkelingsprocessen  
Genotypen met een brede temperatuurrange voor ontwikkelingsprocessen bieden mogelijkheid van temperatuurintegratie en derhalve energiebesparing.
11. Hoge weerstand of resistentie tegen schimmelaantasting  
Dit is met name van belang doordat bij perioden met hogere luchtvochtigheid schimmelaantasting meer voor kan komen. Hoge RV en eventueel daarmee gepaard gaande condensatie op de koudste plekken in de kas geeft optimale omstandigheden voor sporenkieming van bijv. Botrytis.

### **Gewenste gewaseigenschappen snijbloemen**

1. Hoge bladafsplittingsnelheid  
Verlaging van de gemiddelde kasluchttemperatuur leidt tot een lagere bladafsplittingsnelheid. Dit zou gecompenseerd kunnen worden door een genotype dat bij de referentietemperatuur al een hoge bladafsplittingsnelheid kent.
2. Vorming van grote dunne bladeren aan begin van de teelt  
Een verlaging van de gemiddelde kasluchttemperatuur leidt tot dikkere bladeren, hetgeen met name in de beginfase van de teelt nadelig is (minder snelle opbouw van bladoppervlak en lichtonderschepping). Derhalve is een genotype dat dunne bladeren maakt (ook bij een lagere teelttemperatuur) gunstig. Zeker zo belangrijk als effecten van bladdikte op bladoppervlak en daarmee op groeisnelheid, zijn de effecten van bladdikte op sierwaarde.
3. Hoge efficiëntie van de fotosynthese  
Dit is van belang voor efficiënt gebruik van zowel zonlicht als assimilatielicht en CO<sub>2</sub>, zodat energie-efficiëntie toeneemt. Met dezelfde hoeveelheid licht en/of CO<sub>2</sub> wordt meer productie gemaakt.
4. Lage grenslaagweerstand  
Voor de fotosynthese is een lage grenslaagweerstand gewenst, vanuit de verdamping geredeneerd niet. Een lage grenslaagweerstand verhoogt namelijk zowel de fotosynthese als de verdamping. Door een lagere grenslaagweerstand zal zowel licht als CO<sub>2</sub> efficiënter benut worden (hogere fotosynthese bij gelijke klimaatcondities). Bij hoge CO<sub>2</sub> concentraties is de grenslaagweerstand voor de fotosynthese van minder belang, maar belang voor verdamping blijft vrijwel gelijk.
5. Lage ademhalingsnelheid  
Dit betreft de onderhoudsademhaling. Lagere kosten hiervoor betekent dat de productie toeneemt onder gelijkblijvende omstandigheden, hetgeen een hogere energie-efficiëntie betekent.

6. Goede bloemknopaanleg  
Lagere kasluchttemperaturen kunnen problemen geven met de bloemaanleg en onder andere daardoor een sterke productieverlaging. Genotypen die ook onder bij lage temperaturen bloemen van goede kwaliteit aanleggen zijn noodzakelijk.
7. Hoge ontwikkelingssnelheid bloemtakken  
Een lagere gemiddelde kastemperatuur vertraagt de ontwikkeling van bloemtakken. Door een genotype te gebruiken dat bij referentietemperatuur een snellere ontwikkeling kent, kunnen we bij de verlaagde temperatuur toch op de oorspronkelijke cyclusduur uitkomen.
8. Lage verdampingsnelheid  
Vochtafvoer vanuit de kaslucht kost veel energie. Genotypen die minder verdamping hebben per eenheid groei, zijn derhalve gunstig. Het gaat dan om een verhoogde watergebruiksefficiëntie, echter zonder dat het totale productieniveau omlaag gaat.
9. Brede range optimale temperaturen voor fotosynthese  
Genotypen met een brede temperatuurrange voor fotosynthese bieden mogelijkheid van temperatuurintegratie en derhalve energiebesparing. Het gaat hierbij met name om temperaturen lager dan circa 17°C en hoger dan circa 25°C, omdat binnen dit temperatuurtraject verschillen in fotosynthese beperkt zijn, maar daarbuiten niet.
10. Brede range optimale temperaturen voor ontwikkelingsprocessen  
Genotypen met een brede temperatuurrange voor ontwikkelingsprocessen bieden mogelijkheid van temperatuurintegratie en derhalve energiebesparing.
11. Hoge weerstand of resistentie tegen schimmelaantasting  
Dit is met name van belang doordat bij perioden met hogere luchtvochtigheid schimmelaantasting meer voor kan komen. Hoge RV en eventueel daarmee gepaard gaande condensatie op de koudste plekken in de kas geeft optimale omstandigheden voor sporenkieming van bijv. Botrytis.
12. Hoge 'weerstand' tegen ontstaan fysiogene afwijkingen bij hoge RV  
Bij hogere RV kunnen afwijkingen zoals bijvoorbeeld 'bruine blaadjes' optreden bij snijbloemen. Een genotype met een lage gevoeligheid voor dergelijke fysiogene afwijkingen is gewenst.

### **Gewenste gewaseigenschappen potplanten**

1. Hoge bladafsplittingsnelheid  
Verlaging van de gemiddelde kasluchttemperatuur leidt tot een lagere bladafsplittingsnelheid. Dit zou gecompenseerd kunnen worden door een genotype dat bij de referentietemperatuur al een hoge bladafsplittingsnelheid kent.
2. Hoge efficiëntie van de fotosynthese  
Dit is van belang voor efficiënt gebruik van zowel zonlicht als assimilatielicht en CO<sub>2</sub>, zodat energie-efficiëntie toeneemt. Met dezelfde hoeveelheid licht en/of CO<sub>2</sub> wordt meer productie gemaakt.
3. Lage grenslaagweerstand  
Voor de fotosynthese is een lage grenslaagweerstand gewenst, vanuit de verdamping geredeneerd niet. Een lage grenslaagweerstand verhoogt namelijk zowel de fotosynthese als de verdamping. Door een lagere grenslaagweerstand zal zowel licht als CO<sub>2</sub> efficiënter benut worden (hogere fotosynthese bij gelijke klimaatcondities). Bij hoge CO<sub>2</sub> concentraties is de grenslaagweerstand voor de fotosynthese van minder belang, maar belang voor verdamping blijft vrijwel gelijk.

4. Lage ademhalingsnelheid  
Dit betreft de onderhoudsademhaling. Lagere kosten hiervoor betekent dat de productie toeneemt onder gelijkblijvende omstandigheden, hetgeen een hogere energie-efficiëntie betekent.
5. Goede bloemknopaanleg  
Bij bloeiende potplanten kunnen lagere kasluchttemperaturen problemen geven met de bloemaanleg en onder andere daardoor een sterke productieverlaging. Genotypen die ook onder bij lage temperaturen bloemen van goede kwaliteit aanleggen zijn noodzakelijk.
6. Hoge ontwikkelingssnelheid bloemknoppen  
Bij bloeiende potplanten vertraagt een lagere gemiddelde kastemperatuur de ontwikkeling van bloemen. Door een genotype te gebruiken dat bij referentietemperatuur een snellere ontwikkeling kent, kunnen we bij de verlaagde temperatuur toch op de oorspronkelijke ontwikkelingsduur uitkomen.
7. Lage verdampingsnelheid  
Vochtafvoer vanuit de kaslucht kost veel energie. Genotypen die minder verdamping hebben per eenheid groei, zijn derhalve gunstig. Het gaat dan om een verhoogde watergebruiksefficiëntie, echter zonder dat het totale productieniveau omlaag gaat.
8. Brede range optimale temperaturen voor fotosynthese  
Genotypen met een brede temperatuurrange voor fotosynthese bieden mogelijkheid van temperatuurintegratie en derhalve energiebesparing. Het gaat hierbij met name om temperaturen lager dan circa 17°C en hoger dan circa 25°C, omdat binnen dit temperatuurtraject verschillen in fotosynthese beperkt zijn, maar daarbuiten niet.
9. Brede range optimale temperaturen voor ontwikkelingsprocessen  
Genotypen met een brede temperatuurrange voor ontwikkelingsprocessen bieden mogelijkheid van temperatuurintegratie en derhalve energiebesparing.
10. Hoge weerstand of resistentie tegen schimmelaantasting  
Dit is met name van belang doordat bij perioden met hogere luchtvochtigheid schimmelaantasting meer voor kan komen. Hoge RV en eventueel daarmee gepaard gaande condensatie op de koudste plekken in de kas geeft optimale omstandigheden voor sporenkieming van bijv. *Botrytis*.
11. Hoge 'weerstand' tegen ontstaan fysiogene afwijkingen bij hoge RV  
Bij hogere RV kunnen afwijkingen zoals bijvoorbeeld 'bruine blaadjes' optreden bij bloeiende potplanten. Een genotype met een lage gevoeligheid voor dergelijke fysiogene afwijkingen is gewenst.

## Literatuurlijst

De Koning, A.N.M., 1994.

*Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach*. PhD dissertation Wageningen Agricultural University, Wageningen, 240 pp.

Heuvelink, E., 1989.

Influence of day and night temperature on the growth of young tomato plants. *Scientia Horticulturae*, 38, 11-22.

Khayat, E., D. Ravad & N. Zieslin, 1985.

The effect of various night-temperature regimes on the vegetative growth and fruit production of tomato plants. *Scientia Horticulturae*, 27, 9-13.

Marcelis, L.F.M., 1993.

Fruit growth and biomass allocation to the fruits in cucumber. 1. Effect of fruit load and temperature. *Scientia Horticulturae* 54, 107-121.

- Marcelis, L.F.M., E. Heuvelink, L.R. Baan Hofman-Eijer, J. den Bakker & L.B. Xue, 2004.  
Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany* (in press).
- Nieuwhof, M., F. Garretsen & J.C. van Oeveren, 1991.  
Growth analyses of tomato genotypes grown under low energy conditions. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 39, 191-196.
- Picken, A.J.F., 1984.  
A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Horticultural Science*, 59, 1-13.
- Smeets, L. & F. Garretsen, 1986.  
Growth analyses of tomato genotypes grown under low night temperatures and low light intensity. *Euphytica*, 35, 701-715.
- Venema, J.H., F. Posthumus & P.R. van Hasselt, 1999.  
Impact of suboptimal temperature on growth, photosynthesis, leaf pigments and carbohydrates of domestic and high-altitude wild *Lycopersicon* species. *Journal of Plant Physiology*, 155, 711-718.
- Mortensen, L.M. & T. Fjeld, 1995.  
High air humidity reduces the keeping quality of cut roses. *Acta Hort.* 405: 148-155.
- Torre, S. & T. Fjeld, 2001.  
Water loss and postharvest characteristics of cut roses grown at high or moderate relative air humidity. *Sci. Hort.* 89: 217-226.
- Carvalho, S.M.P., E. Heuvelink, R. Cascais & O. van Kooten, 2002.  
Effect of day and night temperature on internode and stem length in chrysanthemum: is everything explained by DIF? *Annals of Botany* 90: 111-118.
- Peet, M., S. Sato, C. Clément & E. Pressman, 2003.  
Heat stress increases sensitivity of pollen, fruit and seed production in tomatoes (*Lycopersicon esculentum* mill.) to non-optimal vapor pressure deficits. *Acta Horticulturae* 618: 209-215.



## Bijlage III.

# Potentie van wijziging in gewaseigenschappen voor energiebesparing

Anja Dieleman & Leo Marcelis, Plant Research International en  
Ep Heuvelink, Wageningen Universiteit

De meeste energiebesparende maatregelen zijn terug te voeren op verlaging van teelttemperatuur, verhogen van de luchtvochtigheid, verandering van CO<sub>2</sub> concentratie (dit kan zowel om verlaging als verhoging gaan), of tolereren van grotere fluctuaties in deze klimaatfactoren. Bij verandering van CO<sub>2</sub> concentratie kan het zowel om verlaging van de concentratie gaan wat samenhangt met minder verbranding van aardgas, als ook om een verhoging in het geval de energiebesparing bereikt wordt door sluiten van de kas.

Zoals in deeltaak 1 beschreven zijn hieraan energiebesparingen gekoppeld. Voor de factor temperatuur geldt dat continue verlaging van de teelttemperatuur met één graad gedurende de perioden met warmtebehoefte (de buitentemperatuur is dan lager dan het set-point voor de kastemperatuur) een energiebesparing oplevert van ca 10%. Daarnaast wordt energie bespaard door temperatuurintegratie en wel meer naarmate de bandbreedte waarbinnen de temperatuur daarbij mag schommelen groter is. Bij een bandbreedte van 2°C (schommeling 1°C naar boven en 1°C naar beneden) is de jaarlijkse besparing ten opzichte van een regeling met constante set-points ca. 8% en bij een bandbreedte van 4°C wordt dit ca 12%. Een verhoging van het set-point voor luchtvochtigheid met 5% levert een energiebesparing van 6-7% op. Deze besparingen zijn niet of slechts in zeer geringe mate gewasafhankelijk. Het gewas bepaalt wel wat de gevolgen van de veranderingen zijn voor de gewasproductie en productkwaliteit. Op het opheffen van negatieve gevolgen kan door veredeling worden ingespeeld.

Voor de verschillende gewaseigenschappen wordt de geschatte potentie voor energiebesparing aan gegeven in Tabel 1 voor vruchtgroenten, in Tabel 2 voor snijbloemen en in Tabel 3 voor potplanten. In de tabellen wordt eerst per gewaseigenschap aangegeven hoe belangrijk deze eigenschap is voor energie-efficiëntie los van de energiebesparende maatregelen. Een hoge waarde voor het generieke belang van een eigenschap betekent dat door verbetering van deze gewaseigenschap een sterke verbetering van de energie-efficiëntie mogelijk wordt, welke verbetering zowel in de situatie met als zonder energiebesparende maatregelen behaald wordt. Vervolgens wordt in de Tabel 1, 2 en 3 aangegeven in welke mate deze gewaseigenschap beïnvloed wordt door de energiebesparende maatregelen. Tenslotte wordt aangegeven hoe belangrijk deze gewaseigenschap is als een bepaalde energiebesparende maatregel wordt doorgevoerd.

De meeste eigenschappen hebben een vergelijkbaar belang voor de verschillende gewasgroepen. Bij snijbloemen en potplanten is de morfologie van de plant erg belangrijk voor sierwaarde. Bij deze gewassen is daardoor het belang van ontwikkelingsprocessen iets belangrijker dan bij vruchtgroenten, terwijl het relatieve belang van fotosynthese iets minder is (hoewel ook bij siergewassen een grote groeisnelheid van groot belang is). Het stimuleren van bijvoorbeeld de vorming van dunnere bladeren zou bij alle gewassen een groeiversnelling kunnen betekenen, echter bij potplanten is dit minder gewenst in verband met ongewenste effecten of sierwaarde.

De getallen over het relatieve belang van verschillende gewaseigenschappen maken duidelijk dat veredeling op sommige gewaseigenschappen duidelijk meer effect zal hebben op de energie-efficiëntie dan andere. De veredeling zou zich vooral moeten richten op die eigenschappen met een relatief belang van een 4 of 5.

In het algemeen kan de energie-efficiëntie verbeterd worden door verbetering van de volgende gewaseigenschappen, waarbij tussen haakjes is aangegeven voor welke gewasgroepen dit geldt (v=vruchtgroenten, s=snijbloemen, p=potplanten):

- Dunne bladeren (v)
- Fotosynthese efficiëntie (v, s, p)
- Lage ademhaling (v, s)
- Goede vruchtzetting (v)
- Goede bloemknopaanleg (s, p)
- Lage verdamping (v, s)
- Brede temperatuurrange fotosynthese (v)
- Brede temperatuurrange ontwikkelingsprocessen (v,s, p)
- Weerstand tegen schimmels (s, p)

Bij verlaging van temperatuur worden de volgende eigenschappen extra belangrijk: dunne bladeren (v) en weerstand tegen schimmels (v, s, p).

Bij verhoging van de luchtvochtigheid neemt met name de rol van de weerstand van de plant tegen schimmels aan belang toe bij alle gewasgroepen.

Bij verlaging van CO<sub>2</sub> concentraties zou vooral bloemknopaanleg of vruchtzetting belangrijker kunnen worden, terwijl bij verhoging van de CO<sub>2</sub> concentratie het belangrijk is dat het gewas geen negatieve adaptatie aan verhoogde CO<sub>2</sub> concentraties vertoont.

Bij vergroten van grotere temperatuurfluctuaties is het van belang dat het gewas een brede temperatuurrange heeft voor fotosynthese en ontwikkelingsprocessen. Tevens nemen weerstand tegen schimmels en bij vruchtgroenten vruchtzettingen en bij siergewassen bloemknopaanleg aan belang toe.



Tabel III.1. *Het geschatte relatieve belang van de verschillende gewenste gewaseigenschappen voor verbetering van de energie-efficiëntie in relatie tot zes verschillende energiebesparende maatregelen bij vruchtgroenten.*

*Dit relatieve belang is uitgesplitst naar generiek belang en het belang voor het toepassen van specifieke energiebesparende maatregelen. Het generieke belang duidt op het belang van die gewaseigenschap voor verbetering energiebesparing die los staat van wel of niet toepassen van energiebesparende maatregelen. Per gewaseigenschap is tevens aangegeven hoe sterk die eigenschap afhangt van de verschillende energiebesparende maatregelen.*

*Het relatieve belang en afhankelijkheid hebben een waardering gekregen tussen 1 en 5. 5 wil zeggen zeer belangrijk of sterk afhankelijk.*

Gewaseigenschap	Generiek belang	Lagere temperatuur		Hoge luchtvochtigheid		Andere CO <sub>2</sub> concentratie		Temperatuurfluctuaties	
		afhankelijk	belang	afhankelijk	belang	afhankelijk	belang	afhankelijk	belang
1. hoge bladafplitsing	2	4	2	1	1	2	1	1	2
2. dunne bladeren	4	3	4	2	1	2	1	2	2
3. fotosynthese efficiëntie	5	2	1	1	1	5	1	2	3
4. lage grenslaagweerstand	3	1	1	1	1	1	3	1	1
5. lage ademhaling	4	4	1	1	1	1	1	4	1
6. goede vruchtzetting	4	4	3	2	3	3	4	4	4
7. snelle uitgroeiduur vrucht	1	4	1	1	1	2	1	1	1
8. lage verdamping	4	2	1	5	1	2	1	2	1
9. brede temperatuurrange fotosynthese	4	1	1	1	1	2	1	nvt	5
10. brede temperatuurrange ontwikkelingsprocessen	4	1	1	1	1	1	1	nvt	5
11. weerstand tegen schimmels	3	4	4	5	5	1	1	4	4
12. weerstand tegen fysiogene afwijkingen	2	3	1	5	3	2	1	3	2
13. geen CO <sub>2</sub> adaptatie	2	1	1	1	1	4	4	1	1

*Tabel III.2. Het geschatte relatieve belang van de verschillende gewenste gewaseigenschappen voor verbetering van de energie-efficiëntie in relatie tot zes verschillende energiebesparende maatregelen bij snijbloemen. Dit relatieve belang is uitgesplitst naar generiek belang en het belang voor het toepassen van specifieke energiebesparende maatregelen. Het generieke belang duidt op het belang van die gewaseigenschap voor verbetering energiebesparing die los staat van wel of niet toepassen van energiebesparende maatregelen. Per gewaseigenschap is tevens aangegeven hoe sterk die eigenschap afhangt van de verschillende energiebesparende maatregelen. Het relatieve belang en afhankelijkheid hebben een waardering gekregen tussen 1 en 5. 5 wil zeggen zeer belangrijk of sterk afhankelijk.*

Gewaseigenschap	Generiek belang	Lagere temperatuur		Hoge luchtvochtigheid		Andere CO <sub>2</sub> concentratie		Temperatuurfuctuaties	
		afhankelijk	belang	afhankelijk	belang	afhankelijk	belang	afhankelijk	belang
1. hoge bladafsplitsing	2	4	2	1	1	2	1	1	2
2. dunne bladeren	2	3	2	2	1	2	1	2	1
3. fotosynthese efficiëntie	4	2	1	1	1	5	1	2	3
4. lage grenslaagweerstand	3	1	1	1	1	1	3	1	1
5. lage ademhaling	4	4	1	1	1	1	1	4	1
6. goede bloemknopaanleg	4	4	3	2	3	3	4	4	4
7. hoge ontwikkelingsnelheid bloemtakken	1	4	1	1	1	2	1	1	1
8. lage verdamping	4	2	1	5	1	2	1	2	1
9. brede temperatuurrange fotosynthese	3	1	1	1	1	2	1	nvt	5
10. brede temperatuurrange ontwikkelingsprocessen	5	1	1	1	1	1	1	nvt	5
11. weerstand tegen schimmels	4	4	4	5	5	1	1	4	4
12. weerstand tegen fysiogene afwijkingen	2	3	1	5	3	2	1	3	2
13. geen CO <sub>2</sub> adaptatie	2	1	1	1	1	4	4	1	1

Tabel III.3. *Het geschatte relatieve belang van de verschillende gewenste gewaseigenschappen voor verbetering van de energie-efficiëntie in relatie tot zes verschillende energiebesparende maatregelen bij potplanten. Dit relatieve belang is uitgesplitst naar generiek belang en het belang voor het toepassen van specifieke energiebesparende maatregelen. Het generieke belang duidt op het belang van die gewaseigenschap voor verbetering energiebesparing die los staat van wel of niet toepassen van energiebesparende maatregelen. Per gewaseigenschap is tevens aangegeven hoe sterk die eigenschap afhangt van de verschillende energiebesparende maatregelen. Het relatieve belang en afhankelijkheid hebben een waardering gekregen tussen 1 en 5. 5 wil zeggen zeer belangrijk of sterk afhankelijk.*

Gewaseigenschap	Generiek belang	Lagere temperatuur		Hoge luchtvochtigheid		Andere CO <sub>2</sub> concentratie		Temperatuurfluctuaties	
		afhankelijk	belang	afhankelijk	belang	afhankelijk	belang	afhankelijk	belang
1. hoge bladafplitsing	2	4	2	1	1	2	1	1	2
2. fotosynthese efficiëntie	4	2	1	1	1	5	1	2	3
3. lage grenslaagweerstand	3	1	1	1	1	1	3	1	1
4. lage ademhaling	3	4	1	1	1	1	1	4	1
5. goede bloemknopaanleg (bloeiende potplanten)	4	4	3	2	3	3	4	4	4
6. hoge ontwikkelingssnelheid bloemknoppen (bloeiende potplanten)	1	4	1	1	1	2	1	1	1
7. lage verdamping	3	2	1	5	1	2	1	2	1
8. brede temperatuurrange fotosynthese	3	1	1	1	1	2	1	nvt	5
9. brede temperatuurrange ontwikkelingsprocessen	5	1	1	1	1	1	1	nvt	5
10. weerstand tegen schimmels	4	4	4	5	5	1	1	4	4
11. weerstand tegen fysiogene afwijkingen	2	3	1	5	3	2	1	3	2
12. geen CO <sub>2</sub> adaptatie	2	1	1	1	1	4	4	1	1



# Bijlage IV.

## Evaluatie van ROG-I

Sjaak van Heusden & Pim Lindhout, Wageningen Universiteit

### **Inleiding over de praktijk van de veredeling (naar projectvoorstel ROG-I, 1998)**

De veredeling van tuinbouwgewassen is na de tweede wereldoorlog steeds sterker geprofessionaliseerd. Met de introductie van kwekersrecht en de komst van hybride rassen hebben veredelaars een betere bescherming gekregen van hun rassen, waardoor ze een betere prijs hiervoor konden vragen. Hierdoor was het economisch verantwoord om meer te investeren in R&D, waardoor sneller nieuwe rassen geïntroduceerd kunnen worden met een steeds complexer pakket van gunstige eigenschappen. Als voorbeeld hiervan mag tomaat gelden waarbij nieuwe rassen o.a. meer dan tien resistenties kunnen hebben.

De recente ontwikkeling van concentratie van veredelingsbedrijven bedrijven heeft het mogelijk gemaakt dat grotere veredelingsprogramma's opgezet werden, waardoor ook het niveau van veredelingsonderzoek verder omhoog kon gaan. In de nabije toekomst zullen patenten een steeds grotere rol gaan spelen. Ook dit houdt in dat kennis steeds belangrijker wordt en veredelingsbedrijven hun inspanningen in fundamenteel onderzoek zullen vergroten.

De ontwikkelingen bij instituten en universiteiten hebben hiermee gelijke tred gehouden. Het verkrijgen van kennis is belangrijker geworden dan het verkrijgen van genetisch materiaal. Vooral de snelle ontwikkelingen in de moleculaire biologie hebben een belangrijke rol gespeeld in de ontrafeling van de erfelijke informatie van planten. Er zijn technieken ontwikkeld waarmee nauwkeurig genen op de chromosomen in kaart gebracht kunnen worden. Veredelaars kunnen hiervan gebruik maken door met moleculaire merkers, die gekoppeld zijn aan belangrijke genen, te selecteren voor de eigenschap zonder de eigenschap zelf waar te nemen. Deze aanpak van 'marker assisted selection' (MAS) biedt ook perspectief voor eigenschappen die moeilijk te meten zijn met name kwantitatieve eigenschappen, zoals opbrengst, ontwikkelingssnelheid, stress resistentie, vroegheid, etc.

Een andere belangrijke ontwikkeling is dat methoden om genen te isoleren en te bestuderen en over te dragen naar cultuurgewassen thans gemeengoed zijn geworden. Dit biedt perspectief om genen in planten te introduceren, die via de 'klassieke veredeling' niet toegankelijk zijn. Deze 'genetische modificatie' van gewassen kan eveneens een bijdrage leveren aan het verkrijgen van rassen met een hogere energie-efficiëntie.

#### *Genetische variatie in cultuursoorten*

De veredelaar heeft een groot arsenaal aan genetische variatie ter beschikking dat bestaat uit oude en gangbare rassen, verdelingslijnen, landrassen, halfmaterialen, etc. Dit geheel wordt de primaire genenpoel genoemd, waaruit de veredelaar voortdurend kan putten om nieuwe rassen te maken. Deze primaire genenpoel is niet statisch, maar dynamisch: Voortdurend worden nieuwe lijnen of herkomsten toegevoegd, die de bestaande genetische variatie vergroten. De veredelaar is voortdurend bezig om vanuit zijn primaire genenpoel nieuwe kruisingen te maken waardoor er nieuwe combinaties van gunstige eigenschappen ontstaan. Voor elke doelmarkt zijn specifieke eigenschappen vereist en de veredelaar zorgt ervoor dat zijn rassen voldoen aan de eisen van de (veranderende) markt. Het is de kunst om de trends in de markt te kennen en om als eerste met nieuwe aangepaste rassen op de markt te komen. Hiertoe zijn twee elementen cruciaal:

1. kennis van de genetische variatie van zijn gewas en
2. efficiënte verdelingsmethoden.

De rassen van de voornaamste kasgewassen zijn uiterst homogeen doordat ze klonaal vermeerderd worden (roos en chrysant) of doordat ze een hybride zijn van twee genetisch zuivere en homozygote ouderlijnen (tomaat, komkommer en paprika). Meer variatie bestaat tussen rassen binnen een cultuursoort. Bij tomaat zijn er groei-

verschillen tussen rassen gevonden, maar die zijn zo klein ten opzichte van de meetfout dat deze niet gemakkelijk exploiteerbaar is. Veredelingsbedrijven hebben na de energiecrisis in 1973 grote programma's gehad om op lage temperatuurtolerantie te selecteren, maar dit heeft niet geleid tot herkenbare rassen, die hieruit zijn voortgekomen. Wel is er een ontwikkeling geweest in nieuwe rassen, die minder gevoelig zijn voor lagere temperatuur of lagere lichtevoelheid. Hierdoor kunnen de huidige rassen jaarrond geteeld worden en halen zij een hoge productie.

#### *Genetische variatie in wilde verwanten*

Naarmate de verdelingsinspanning van een bepaald gewas toeneemt, worden de marges ten opzichte van de bestaande rassen steeds kleiner. Dit maakt het noodzakelijk om uit te zien naar andere bronnen van genetische variatie, die moeilijker te benutten zijn. Dit zijn vooral wilde verwanten die in principe kruisbaar zijn met de cultuursorten, maar vaak nog een groot aantal ongewenste eigenschappen bezitten. Deze worden de secundaire genepoel genoemd. Zo is de genetische variatie in wilde tomatensoorten vele malen groter dan de variatie binnen de cultuurtomaat. Deze wilde verwanten zijn belangrijke leveranciers geweest voor *kwalitatieve*, gemakkelijk waarneembare eigenschappen zoals de meeste ziekteresistenties.

Uit onderzoek van de laatste tien jaar blijkt dat er in wilde verwanten ook gunstige genen zijn, die betrokken zijn bij *kwantitatieve* eigenschappen, zoals opbrengst, vroegheid en productkwaliteit. Deze genen, ook wel aangeduid met 'QTL' (quantitative trait locus) zijn niet direct aan het wilde materiaal waarneembaar, maar kunnen geïdentificeerd worden door gebruik te maken van moleculaire merkers in interspecifieke kruisingspopulaties met de cultuursoort (QTL-mapping). Ook in wilde pepers zijn belangrijke QTLs gevonden, die via MAS benut kunnen worden. Bij komkommer zijn er eigenlijk geen kruisbare wilde verwanten bekend en dat beperkt de verdelelaar uitsluitend tot het gebruik van de cultuursoort.

#### *Conclusies en aanbevelingen voor ROG-I*

1. De veredeling van kleine gewassen is nog nauwelijks ontwikkeld en verwacht mag worden dat er vooruitgang te boeken is door kruisingen en selecties binnen de cultuursoort.
2. Voor tomaat en in mindere mate paprika is aangetoond dat er belangrijke genen uit wilde verwanten, die betrekking hebben op groei en ontwikkeling, benut kunnen worden door gebruik te maken van moleculaire merkers.
3. De genetische basis van komkommer is erg smal en er lijken geen goede perspectieven voor veredeling op betere energie-efficiëntie door gebruik te maken van de natuurlijke variatie.
4. Bij chrysant zijn er aanwijzingen dat er goede perspectieven zijn voor het benutten van genetische variatie. De genetica van chrysant, maar ook van roos, is echter nog grotendeels een onontgonnen gebied. Voordat betrouwbare uitspraken gedaan kunnen worden over de verdelingsperspectieven dient eerst meer fundamenteel genetisch onderzoek in deze gewassen uitgevoerd te worden.
5. Onderzoek met transgene gewassen is het meest risicodragend.

#### *Opzet van ROG-I*

1. Als praktisch veredelingsprogramma van een klein gewas wordt gekozen voor de veredeling van *Poinsettia* op goede groei en ontwikkeling bij lagere temperatuur.
2. In tomaat worden interspecifieke kruisingen gemaakt om genen te identificeren die betrokken zijn bij de groei en ontwikkeling van het gewas. In paprika wordt vergelijkbaar onderzoek gedaan maar dan met een intraspecifieke kruising. Tevens wordt in modelstudies onderzocht welke gewasfysiologische componenten van belang zijn voor de groei en ontwikkeling van het gewas. Dit inzicht kan leiden tot nieuwe selectiemethoden.
3. Er wordt geen onderzoek aan komkommer gedaan.
4. Bij roos wordt basisonderzoek gedaan om genetische merkers te ontwikkelen en een genetische kaart te genereren met daarop de kaartpositie van een aantal QTLs betrokken bij belangrijke eigenschappen.
5. Er worden verschillende genen naar tomaat en chrysant getransformeerd waarvan verwacht mag worden dat ze betrokken zijn bij plantengroei en -ontwikkeling.

N.B. Het meeste onderzoek is gericht op het genereren en karakteriseren van nieuw genetisch materiaal en het ontwikkelen van nieuwe veredelingsmethoden of gereedschappen. Dit sluit goed aan bij de werkwijze van veredelaars, die voortdurend hun genenpoel willen uitbreiden en hun veredelingsmethoden willen verbeteren. Hierbij is niet bij voorbaat gekeken naar suboptimale condities. Eenzijdige aandacht hiervoor zou gemakkelijk leiden tot een mindere aanpassing aan optimale condities, die in een groot gedeelte van de teelt voorkomen. Dit is ongewenst. Daarom wordt veelal gesproken van 'energie-efficiëntie', dwz optimalisatie van de opbrengst per eenheid energie. De veredelaar kan het ras leveren dat goed is aangepast aan de condities in de kassen, bij voorkeur met een grote flexibiliteit, zodat het ras onder verschillende condities geteeld kan worden. De tuinder zal beslissen op welke wijze hij optimaliseert.

#### *Resultaten van ROG-I*

1. De veredeling van *Poinsettia* is succesvol, wat resulteert in de uitgifte van een nieuw ras dat goed groeit en ontwikkelt bij een lagere teelttemperatuur.
2. Er zijn tomatenlijnen (Backcross Inbred Lines, BILs) ontwikkeld met een introgressie uit wilde soorten in een genetische achtergrond van cv Moneymaker. Deze lijnen vertonen variatie voor groei en ontwikkeling. Eén lijn geeft 20% hogere opbrengst ten opzichte van 'Moneymaker', wat een belangrijke toegevoegde waarde voor de veredeling betekent. Het paprikaonderzoek levert niet directe toepassingen voor de veredeling. Het fysiologische onderzoek geeft aanwijzingen voor de belangrijkste gewasfysiologische eigenschappen, die bijdragen aan groei- en ontwikkeling. Het is nog niet goed duidelijk hoe groot de genetische variatie voor deze eigenschappen is in de bestaande rassen of in verdere verwanten.
3. -
4. Bij roos zijn nieuwe genetische merkers ontwikkeld en een genetische kaart gemaakt inclusief de positie van enkele eigenschappen waaronder ziekteresistentie (meeldauw).
5. Het GMO-onderzoek is voortijdig afgesloten door technische problemen en gebrek aan het gewenste resultaat. Als alternatief werd de variatie voor groei en ontwikkeling van het bestaande rassensortiment van chrysant onderzocht. Dit onderzoek is nog niet afgerond, maar de eerste resultaten duiden er op dat er meer variatie is dan verwacht.

#### *Belangrijkste conclusies*

- Succesvolle aanpak van praktische veredeling van *Poinsettia*.
- Nieuwe verdelingslijnen van tomaat zijn ontwikkeld met behulp van moleculaire merkers, die gekarakteriseerd zijn door een betere groei en ontwikkeling.
- Genetische gereedschappen en kennis bij roos zijn ontwikkeld.
- Genetische modificatie tot nu toe niet succesvol.
- Mogelijk meer variatie in tomaat en chrysant voor groei en ontwikkeling dan verwacht.

#### *Reactie van gebruikers (veredelingsbedrijven)*

Er zijn regelmatig bijeenkomsten met gebruikers (veredelingsbedrijven) geweest en ook informele besprekingen gevoerd met bedrijven bij diverse gelegenheden. Hieruit zijn de volgende reacties opgetekend:

- De BIL-benadering van tomaat beidt veel perspectief. Een dergelijk aanpak zou ook voor paprika gekozen moeten worden.
- Het fundamentele fysiologische onderzoek is van groot nut om het inzicht te vergroten in de fysiologische processen, die ten grondslag liggen aan groei- en ontwikkeling.
- Het praktische veredelingsonderzoek, zoals voor *Poinsettia*, moet vervolg vinden in andere gewassen
- Er is een goede basis gelegd voor genetisch onderzoek aan roos dat navolging verdient, vooral voor ziekteresistenties.
- Voorlopig is er geen perspectief voor een GMO benadering in groentegewassen.
- Er is twijfel over de gevonden voorlopige resultaten over de genetische variatie in tomaat.

Flexibiliteit met betrekking tot bandbreedte van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid zijn de belangrijkste eigenschappen die van de cultivars gevraagd worden. Volledige groeianalyses onder verschillende niveaus van relatieve luchtvochtigheid en/of temperatuur zullen nodig zijn om de mate van flexibiliteit van een genotype te bepalen. De hoeveelheid natuurlijke variatie echter, die binnen het assortiment aanwezig is, is soms beperkt. Bij tomaat en paprika kunnen kruisbare verwante soorten gebruikt worden om de genetische variatie te verbreden (zie ook Gur & Zamir, 2004).



# Bijlage V.

## Overleg met enkele veredelaars

Sjaak van Heusden, Wageningen Universiteit

### Bijeenkomst donderdag 16 september 2004, 13:00 bij Terra Nigra, Kudelstaart

Aanwezig: Diana van Os ( Terra Nigra); André Smaal (Agriom), Leo Oprel(LNV), Pim Lindhout (WU) en Sjaak van Heusden (WU)

Het programma zag er als volgt uit:

1. Presentatie bedrijf
2. Opinie van dan ROG-I
3. Wensen ROG-II
4. Op wat voor een termijn resultaten toegepast kunnen worden
5. Enquête

#### *Presentatie bedrijf*

Voor en tijdens de rondleiding kwamen verschillende zaken ter sprake:

- Botanische soorten spelen een belangrijke rol in gerbera en roos.
- De kwalitatieve eigenschappen zijn erg belangrijk, het uiterlijk staat op de tweede plaats.
- Hoe een plant geteeld kan worden is het belangrijkste.
- Terra Nigra heeft de beschikking over veel stamboomgegevens.
- Er wordt ook aan indirecte selectie gedaan. Door te selecteren op bepaalde planttypen wordt op een eigenschap als fotosynthese geselecteerd. Met markers zal dit waarschijnlijk efficiënter gaan.
- Er is, vooral voor roos, veel belangstelling voor verlichting. Het effect van belichting hangt ook af van het genotype van de plant. Bij andere soorten belichtingen zullen weer andere genotypen daar het best op reageren.

#### *Opinie over ROG-I*

Het praktisch ingestelde *Poinsettia* onderdeel was heel succesvol en de eerste cultivars met een goede opbrengst bij 17°C (17-18% energiebesparing) zijn erg succesvol na hun introductie.

Het werd gewaardeerd dat ROG-I voor roos een wat breder project was met niet alleen direct toepasbare elementen. De tussenevaluaties boden de mogelijkheid het onderzoek wat bij te sturen en de interacties met andere projecten binnen ROG-I werden als positief ervaren.

Het uitgevoerde onderzoek aan roos werd gezien als een fundamentele investering waarna meer toepassingsgerichte onderzoeken uitgevoerd kunnen worden. Er heeft ook veel materiaalontwikkeling plaats gevonden en het onderzoek heeft van deze twee toch al direct merkers voor zowel groeikracht en misschien meeldauw zal opleveren. De voor- en nadelen en het eventuele gebruik van merkers in het veredelen van siergewassen is daarmee dichterbij gekomen. Er kan dan ook samengewerkt worden met groenteveredelaars die al jaren met merkers werken.

Het was voor de vertegenwoordigers van ROG-I heel aangenaam te horen dat het project uiterst positief beoordeeld werden met een bijzonder prettige samenwerking.

#### *Wensen ROG-II*

*Phalaenopsis* (orchidee) en *Anthrrium* (leeuwenbekje) horen bij de meest energievragende siergewassen die nu geteeld worden. Een vergelijkbare aanpak als bij *Poinsettia* ligt voor de hand. Helaas blijft er subsidie nodig om

dergelijk onderzoek uit te voeren, dit vanwege de over het algemeen kleine spelers in het veld met overeenkomstige R&D budgetten.

Bij roos wordt een vervolg in de richting van indirecte moleculaire selectie op meeldauwresistentie. De beste vertaalslag van moleculaire mappingstrategieën van diploïde naar tetraploïde rozen is ook belangrijk.

Over het algemeen zijn toch vooral ziekteresistenties belangrijk. Bij het zoeken naar andere temperatuurregimes moet ook altijd goed onderzocht worden of het gewas de ook veranderde ziektedruk aankan. Wie weet kan een plant wel goed groeien in een betrekkelijk groot temperatuurinterval maar reageert bij de verschillende temperaturen heel anders op de ziektedruk (zoals meeldauw en *Botrytis*).

#### *Op wat voor een termijn resultaten toegepast kunnen worden*

Zowel bij Terra Nigra als Agriom kunnen moleculaire merkers zonder problemen in het veredelingsproces ingepast worden. Zowel expertise als apparatuur is aanwezig.

Toch zal bij het toepassen van efficiëntere technieken het veredelingsproces ongeveer zeven jaar duren voor er een vermarktbaar cultivar is. Er zal wel een grotere kans op succes zijn.

#### *Enquête*

Het nut van de enquête wordt betwijfeld en een enquête zal ook zeker tijdrovend worden. Het zou veel efficiënter zijn met een aantal deskundigen bijeen te komen en de punten uit de enquête te bespreken.

#### *Algemeen*

André Smaal heeft toegezegd vanuit de bedrijven een stuk te schrijven over het belang van dit soort onderzoek voor de bedrijven.

### **Bijeenkomst donderdag 16 september 2004, 15:30 bij SVS, Honselersbroek**

Anwezig: Toon van de Ven (SVS), Arjan van Donk (SVS), Anja Jolman (Productschap), Pim Lindhout (WUR) en Sjaak van Heusden (WUR)

#### *Presentatie bedrijf*

SVS is een international opererend groot bedrijf. In Honselersdijk wordt voornamelijk met tomaten, paprika's en komkommers gewerkt. Er is een demonstratiekas aanwezig waar veel variëteiten te zien zijn.

#### *Opinie over ROG-I*

Het begin van het project werd wat rommelig ervaren maar dat werd snel beter. Er was een duidelijk positiever oordeel over de tomatenprojecten dan over het paprikaproject. Energie is zeker een item, het inzetten van energie wordt gebruikt om de teelt te sturen en dus te optimaliseren. In ROG-I worden de gereedschappen ontwikkeld (de Backcross Inbred Lines) die het mogelijk maken positieve eigenschappen van wilde verwanten in kaart te brengen. Het fysiologische onderzoek van de Groningse onderzoeksgroep werd ook gewaardeerd.

#### *Wensen ROG-II*

Hoewel energie een moeilijk te kwantificeren eigenschap blijft is het belangrijk dat rassen flexibeler met wat hogere en lagere temperaturen kunnen omgaan. Door in het verleden hier op te selecteren hebben de telers nu over het algemeen maar één teelt per jaar en de productie per m<sup>3</sup> gas stijgt nog steeds. Om verder vooruitgang te boeken is het erg belangrijk om in het onderzoek naar de genetische bandbreedte van dergelijke eigenschappen te bestuderen en zo nog meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden die de wilde verwanten van tomaat bieden.

Er wordt nog niet veredeld voor rassen die optimaal kunnen functioneren in gesloten kassen, dat wordt pas gedaan als er ook gesloten kassen zijn.

*Op wat voor een termijn resultaten toegepast kunnen worden?*

Bij SVS worden merkers al standaard in het veredelingsprogramma toegepast en kunnen moleculaire merkers dus zonder problemen in het veredelingsproces ingepast worden. Zowel expertise als apparatuur is aanwezig. Het veredelingsproces duurt ongeveer drie jaar voordat er proefexperimenten uitgevoerd kunnen worden en bij succes kan er twee jaar later een nieuw ras op de markt zijn.



# Bijlage VI.

## Visie bedrijfsleven

André Smaal, Agriom

### De ambitie

'Just do it' had beter de slagzin van de Nederlandse tuinbouw kunnen zijn. Getrokken door vernieuwende ondernemers blijft de tuinbouw groeien tot wereldmarktplaats van bloemen en planten. Van bedreigingen zijn uitdagingen gemaakt en oplossingen gevonden met meerwaarde.

Een uitdaging die we eerder aangingen, duurzame productie, biedt nog volop kansen op versterking van de sleutelrol van NL in de wereldproductie en handel van bloemen. Het innovatienetwerk Groene Ruimte en Agrocluster heeft de weg er naartoe beschreven en aangedrongen op samenwerking en innovatie. Vooral het concept van de energieproducerende kas prikkelt de verbeelding. De veredelingsbedrijven willen graag participeren in het netwerk en hun unieke bijdrage aan duurzame productie leveren. Zij hebben, met het energiebesparingsonderzoek in ROG-I, daar in feite al een voorschot op genomen. Om het momentum te behouden en de resultaten van ROG-I te oogsten willen we voortvarend doorgaan met het onderzoek naar energiebesparing in ROG-II.

### De omgeving

De explosief groeiende Nederlandse productie zocht afzet en daaruit ontstond de internationale handelsfunctie van Nederland. Inmiddels komen veel bloemen uit de tropische hooglanden en groenten uit alle delen van de wereld naar draaischijf Nederland. Om centrum van handel en toeleverantie (waaronder veredeling) te blijven moet je ook lokale productie hebben, anders verschuift alles naar de nieuwe zwaartepunten en blijft alleen het dozen schuiven voor ons over. Het is daarom een ketenbelang om een aanzienlijke productie in Nederland te houden.

Nederland ondertekende het Kyoto protocol en verplichtte zich daarmee tot vermindering van de CO<sub>2</sub> uitstoot. Het uitdagende concept van een energieleverende kas past hier. Wij zien voor ons een rol weggelegd in het ontwikkelen van rassen die hierbij passen. Dat kunnen rassen zijn die bij lagere temperatuur en/of hogere luchtvochtigheid presteren.

Het Nederlandse product dient zich niet te onderscheiden door lagere prijs maar door hogere kwaliteit. Nu al kopen veel klanten toch de duurdere Hollandse roos omdat ze open bloeien, of Hollandse tomaten omdat ze aan de plant zijn gerijpt. Wij kunnen ook betere kwaliteit leveren omdat we dicht bij de markt zitten, de keten controleren en in gesloten systemen telen.

Het door de overheid gefinancierde tuinbouwkundig onderzoek slinkt nog steeds. Op de productie- en veredelingsbedrijven is het daarentegen versterkt. Minder veranderd is de aard en verdeling van het onderzoek. Verdiepend onderzoek is de sterkte van WUR en in de toepassing lopen de bedrijven voorop. Onderzoeksprogramma's waarin beide richtingen participeren zijn stimulerend en lonend voor beide, mits uitgevoerd onder goede regie en met goede afspraken

De nog aanwezige kennisstructuur, korte afstanden en goede communicatie maakt samenwerking tussen stakeholders in NL of zelfs in Europa gemakkelijk. Buitenlandse partners die kunnen bijdragen aan betere projecten moeten we zeker laten participeren. Een goed voorbeeld was het rozenproject in ROG-I waarin de Deense veredelaar Poulsen een uitstekende bijdrage leverde.

## **Naar een duurzame productie**

In de hardware van 'De energieproducerende kas' is passende greenware nodig. Dat zijn, zoals de ontwerpers ook aangaven, rassen die minder energie vragen om zich te ontwikkelen van zaad tot eindproduct. Dit om de vraag naar warmte te beperken. Bovenal echter zijn het rassen die presteren in een mogelijk gesloten kas met een hogere RLV, waarin schimmels zich thuis zullen voelen.

Nu al zijn schimmels een probleem in de keten. Bladziekten, vruchtrot en bloemsmet zijn gevreesd in productie en handel. Een voorbeeld: Er is veel verlies aan kwaliteit voor de oogst door meeldauw. Na de oogst slaat *Botrytis* toe, waarvan de besmetting al in de kas plaatsvindt. Bloemen die zonder *Botrytis* de keten ingaan, lopen weinig gevaar. Luchten van de kas(energieverlies) geeft goede bestrijding, maar we weten nu al dat er grote verschillen zijn tussen rassen en dat biedt de veredelaar perspectief. Wil de Nederlandse producent ooit een houdbaarheidsgarantie afgeven dan moeten schimmelziekten onder controle zijn.

## **Naar een betere organisatie**

Energieonderzoek is bij uitstek geschikt voor participatief onderzoek. Naast fundamentele kennisontwikkeling moet er een sterke, op toepassing gerichte component zijn. Beide aspecten moeten in éénzelfde project aan de orde komen. ROG-I heeft diverse vormen van samenspraak tussen onderzoekinstellingen te zien gegeven alsmede blijmoedige en afstandelijke interacties met het bedrijfsleven. Van groot belang is de werkwijze van ROG-II aan te passen. De aanstelling van een projectmanager die intensief bedrijfsleven en kennisinstellingen bewerkt en erbij betrekt is een noodzaak. Daarnaast pleiten we voor de instelling van een wetenschappelijk – praktisch forum (2x WUR, 2x bedrijfsleven, 1x voorzitter) en de instelling van Begeleidingscommissies voor oplossing van gewasgerichte problemen.

## Bijlage VII.

# Concept onderzoekprogramma ROG-II

Pim Lindhout, Wageningen Universiteit

Uitgaande van de bovengenoemde overwegingen stellen wij voor om het onderzoekprogramma te continueren voor de periode 2005 -2010. Hieronder volgt een korte beschrijving van een concept onderzoekprogramma:

### ROG-II-T1 BIL tomaat

Er zijn in ROG-I twee populaties BILs bewerkt. Deze zijn nog niet klaar en het vergt nog twee jaar om deze af te maken. WU heeft nog een derde populatie beschikbaar en eventueel kunnen BIL populaties van bedrijven worden gebruikt. Er wordt gestreefd naar 100 lijnen uit verschillende populaties. Deze worden bij twee temperaturen gedurende twee jaren in de kas onderzocht en de tien meest veelbelovende lijnen, die relatief weinig reageren op temperatuurschommelingen worden gedurende drie jaren verder beproefd in een gesloten kas (PPO). De beste BILs worden vanaf het tweede jaar door bedrijven gekruist met hun eigen veredelingslijnen en de nakomelingschappen op de bedrijven geëvalueerd. Hierdoor worden de perspectieven van deze BILs in verschillende genetische achtergronden bepaald en kunnen de bedrijven al snel met terugkruisingen beginnen om deze eigenschappen in nieuwe rassen onder te brengen.

### ROG-II-T2 lage T tomaat

Uit het onderzoek aan de universiteit van Groningen (RUG) is gebleken dat de wilde tomatensoort *L. hirsutum* efficiënter omgaat met de suikerhuishouding bij lagere temperaturen. Hierdoor hopen suiker zich niet op in het blad, maar worden voor de groei van de plant gebruikt. Dit onderzoek moet verder uitgewerkt worden door de identificatie van de genen of QTLs, die hierbij betrokken zijn. Hierbij kan de BIL populatie, die verkregen is uit de kruising met dezelfde ouder van groot nut zijn. Dit onderzoek legt een nauwe relatie met ROG-II-T1, waarbij dezelfde BIL populatie wordt bestudeerd, maar dan met een meer gewasfysiologische invalshoek.

### ROG-II-P1 BIL paprika

In tegenstelling tot tomaat zijn er nog nauwelijks BIL populaties van paprika ontwikkeld. IN dit project willen we vijf kruisingen maken met vijf herkomsten van wilde *Capsicum* soorten en deze twee generaties terugkruisen en dan zelfbevruchten ( $BC_2S_1$ ). De doelstelling is om een groot aantal BILs te verkrijgen, die wellicht meerdere introgressie fragmenten bezitten, maar niet per definitie het genoom van de wilde ouder volledig dekken. Deze aanpak wordt ondersteund met computersimulaties om de meest effectieve methode te ontwikkelen en praktisch te toetsen. Hierdoor wordt in drie jaar al een groot aantal BILs verkregen. Deze worden analoog als bij tomaat eerst in open kassen getest om daarna de beste selecties in gesloten kassen verder te karakteriseren: Interessante BILs worden door bedrijven met hun veredelingslijnen gekruist en de nakomelingschappen geëvalueerd. Hierdoor worden de perspectieven van deze BILs in verschillende genetische achtergronden bepaald en kunnen de bedrijven al snel met terugkruisingen beginnen om deze eigenschappen in nieuwe rassen onder te brengen.

### ROG-II-P2 Plantbalans paprika

De vruchtzetting in paprika is onregelmatig. Dit wordt veroorzaakt doordat de zetting geremd wordt bij een grote plantbelasting. Deze remming is een gevolg van een ongunstige sink-source verhouding. In dit project wordt onderzocht in welke mate de onregelmatige vruchtzetting veroorzaakt wordt door de sink-source verhouding en welke sturingmogelijkheden er zijn om de vruchtzetting te verbeteren.

### **ROG-II-R1 *Botrytis* resistentie roos**

In ROG-I is de basis gelegd voor genetisch onderzoek in roos en voor de ontwikkeling van genetische hulpmiddelen om merker gestuurde selectie toe te passen. De rozenteelt is erg gevoelig voor hoge luchtvochtigheid door ernstige *Botrytis* aantasting. In een gesloten kas zullen deze problemen des te sterker zijn. Daarom is in ROG-II het rozenonderzoek gericht op de identificatie van de genetische variatie voor *Botrytis* resistentie in roos en het genetisch onderzoek om de verantwoordelijke genen (QTLs) in kaart te brengen en diagnostische moleculaire merkers te ontwikkelen, die gebruikt kunnen worden voor merker gestuurde selectie op *Botrytis* resistentie in de rozenveredeling.

### **ROG-II-R2 Energie roos**

In ROG-I is een genetische kaart van roos gemaakt in een diploïde populatie die ook uitsplitste voor plantengroei en ontwikkeling. Hierdoor zijn QTLs geïdentificeerd, die perspectieven beiden voor veredeling van roos op betere groei en ontwikkeling. In ROG-II worden kruisingen gemaakt met tetraploïde rozen om deze QTLs via merker gestuurde selectie in het cultuurmateriaal in te kruisen. Tevens worden de QTLs nauwkeuriger in kaart gebracht waardoor de genetische 'drag' tot een minimum wordt gereduceerd.

### **ROG-II-C1 Variatie Chrysant**

In de laatste fase van het ROG-I onderzoek zijn er aanwijzingen verkregen dat er genetische variatie in het chrysantenassortiment aanwezig is voor goede groei en productie bij lagere temperatuur. Dit biedt perspectieven voor praktische veredeling. In ROG-II wordt eerst een veel breder assortiment van meerdere bedrijven onderzocht om de resultaten van ROG-I te bevestigen. Na twee jaar wordt besloten om door te gaan met praktische veredeling (analoog aan *Poinsettia*). Hierbij worden ook kruisingen met veredelingsmateriaal van bedrijven gemaakt, die tevens op de bedrijven getoetst worden. Het beste materiaal wordt in gesloten kassen getoetst op aanpassing aan een breder temperatuur en vochtspectrum.

### **ROG-II-Ph1 Veredeling van *Phalaenopsis***

Gezien het grote succes met *Poinsettia* veredeling wordt een dergelijk aanpak toegepast in de veredeling van *Phalaenopsis* op betere groei en ontwikkeling bij lagere temperaturen. Na drie jaar zal half materiaal worden ontwikkeld, dat daarna nog twee jaar beproefd wordt op veredelingsbedrijven.

### **Coördinatie**

Alle onderzoekprojecten hebben duidelijke raakvlakken. Daarom is het van groot belang dat er intensief wordt samengewerkt om de onderzoeks efficiëntie te optimaliseren. Hiertoe wordt regelmatig werkoverleg georganiseerd met projectleiders en uitvoerders zowel van de uitvoerende kennis instellingen alsmede de bedrijven. Deze directe interactie is van groot belang zowel om de waarde van de onderzoekresultaten voor de praktische veredeling te bepalen alsmede om te waarborgen dat de exploitatie van de resultaten in praktische veredelingsprogramma optimaal verloopt. Ook voor de financiële, administratieve en juridische organisatie is een centrale coördinatie vereist.

### **Budget**

In Tabel VII.1 is een zeer voorlopig overzicht gegeven van de mogelijke kosten. Dit is nog niet met het bedrijfsleven overlegd. Wij hebben toch gemeend om alvast onze ideeën op papier te zetten als basis voor verder overleg. Uitgangspunt is dat de bedrijven 50% van de totale kosten voor hun rekening nemen, gedeeltelijk door direct mee te betalen aan het onderzoek (cash bijdrage) gedeeltelijk door onderzoek zelf uit te voeren en/of door de implementatie van de resultaten in veredelingsprogramma's ('in kind' bijdrage). Bovendien is rekening gehouden met het relatieve belang dat bedrijven hebben bij dit onderzoek: De relatieve bijdrage stijgt naarmate het onderzoek dichterbij de praktijk is.



Tabel VII.1. *Budgetoverzicht van het voorgestelde onderzoekprogramma van ROG-II, inclusief de bijdrage van veredelingsbedrijven.*

Project	Uitvoerders	Personele inzet	Cash	Kosten	Kosten	In kind	Totale	Bedrijfs-
			bedrijven	PT/LNV	onderzoek	bedrijven	kosten	financ.
			x 1000 €	x 1000 €	x 1000 €	x 1000 €	x 1000 €	%
		AIO + analist +						
BIL tomaat	WU	0.2 postdoc	0	1.400	1.400	2.000	3.400	59
Lage T tomaat	RUG	postdoc + analist	65	585	650		650	10
BIL paprika	WU/PRI	AIO + 0.5 postdoc	1.000	1.000	2.000	1.000	3.000	67
Botrytis roos	PRI	AIO	200	500	700	300	1.000	50
Energie roos	PRI	AIO	70	630	700	300	1.000	37
Balans paprika	PPO	postdoc	60	540	600		600	10
Variatie chryasant	WU	AIO	300	400	700	400	1.100	64
Phalaenopsis	Agriom		250	200	450	200	650	69
Totalen (netto)			1.945	5.255	7.200	4.200	11.400	54
Coördinatie 5%	WU		97	473			570	
Totalen (bruto)			2.042	5.728	7.200	4.200	11.970	52

