

Plantenpaspoort Roos

Plant Dynamics 31 juli 2007



Gefinancierd door Productschap Tuinbouw
PT-projectnr12691



Plant Dynamics B.V.¹

Ad Schapendonk en Sander Pot

Adres : Englaan 8
Tel. : 0317 - 452241
Fax : 0317 - 485572
E-mail : mail@plant-dynamics.nl
Internet : www.plant-dynamics.nl

Met dank aan medewerkers van De Ruiter en Olij rozen voor hun medewerking en gastvrijheid op locatie.

¹ © 2007 Wageningen, Plant Dynamics BV

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 Plant Dynamics BV of het Productschap Tuinbouw.

Plant Dynamics B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave, noch bij eigen gebruik noch bij het gebruik door derden.

Inhoudsopgave

pagina

1	Inleiding	4
1.1.1	Probleemstelling	4
1.1.2	Sleutelparameters	4
2	Materiaal en Methoden	6
2.1	Plant materiaal	7
2.1.1	Bepaling genetische variatie in lichtbenutting.	7
2.1.2	Rassen op 2 tijdstippen	7
2.2	Experimenten	11
2.3	Kasklimaat tijdens de experimenten	13
3	Resultaten	14
3.1	Source componenten	14
3.1.1	Fotosynthesemetingen en de invloed van lichtintensiteit	14
3.1.2	Fotosynthese snelheid bij laag PAR	15
3.1.3	Chlorofyl gehalte bladeren	18
3.1.4	Fotosynthese snelheid bij hoog PAR	19
3.1.5	Geleidbaarheid van de huidmondjes (verdamping) bij verschillende VPD _i	21
3.1.6	Ras effecten en CO ₂ respons.	25
3.1.7	Ras correlaties fotosynthese en opbrengst	26
3.2	Sink componenten	27
3.2.1	Metingen	27
3.2.2	Genetische variatie sink	28
4	Conclusies	38
4.1	Sleutelparameters source	38
4.2	Sleutelparameters sink	40
5	Referenties	43

1 Inleiding

1.1.1 Probleemstelling

De rozenteelt neemt een belangrijke plaats in binnen de Nederlandse tuinbouw. In tegenstelling tot eenjarige teelten wordt de rozenteelt gekenmerkt door hoge kosten van aanplant en een relatief geringe flexibiliteit met betrekking tot mogelijkheden voor tussentijdse vervanging van een bestaand gewas. Het vervangen van een aanplant is kostbaar en de teler is daarom bij de raskeuze zeer gebaat bij een goede evaluatie van de eigenschappen van een kandidaat-ras met betrekking tot verwachte productiecijfers onder de specifieke omstandigheden op zijn bedrijf. Meestal zijn er wel gegevens beschikbaar over kwalitatieve eigenschappen zoals uitbloei-duur, grootte van de bloem en taklengte maar waar het teeltprestaties betreft moet men vaak op eigen kracht de beste condities proefondervindelijk vaststellen. In dit onderzoek is bestudeerd of op basis van fysiologische deelprocessen aan de teler in een vroeg stadium meer basis informatie kan worden verschaft om een afgewogen raskeuze te maken (Aikin en Hanan; 1975). Het idee is om aan de hand van een aantal sleutelparameters een cultivar op teelt en productiesnelheid te toetsen met een gestandaardiseerd meetprotocol. Dit onderzoek is de eerste stap naar een dergelijk meetprotocol en een model waarmee de effecten van de gemeten genetische variatie kunnen worden doorberekend voor verschillende teeltomstandigheden.

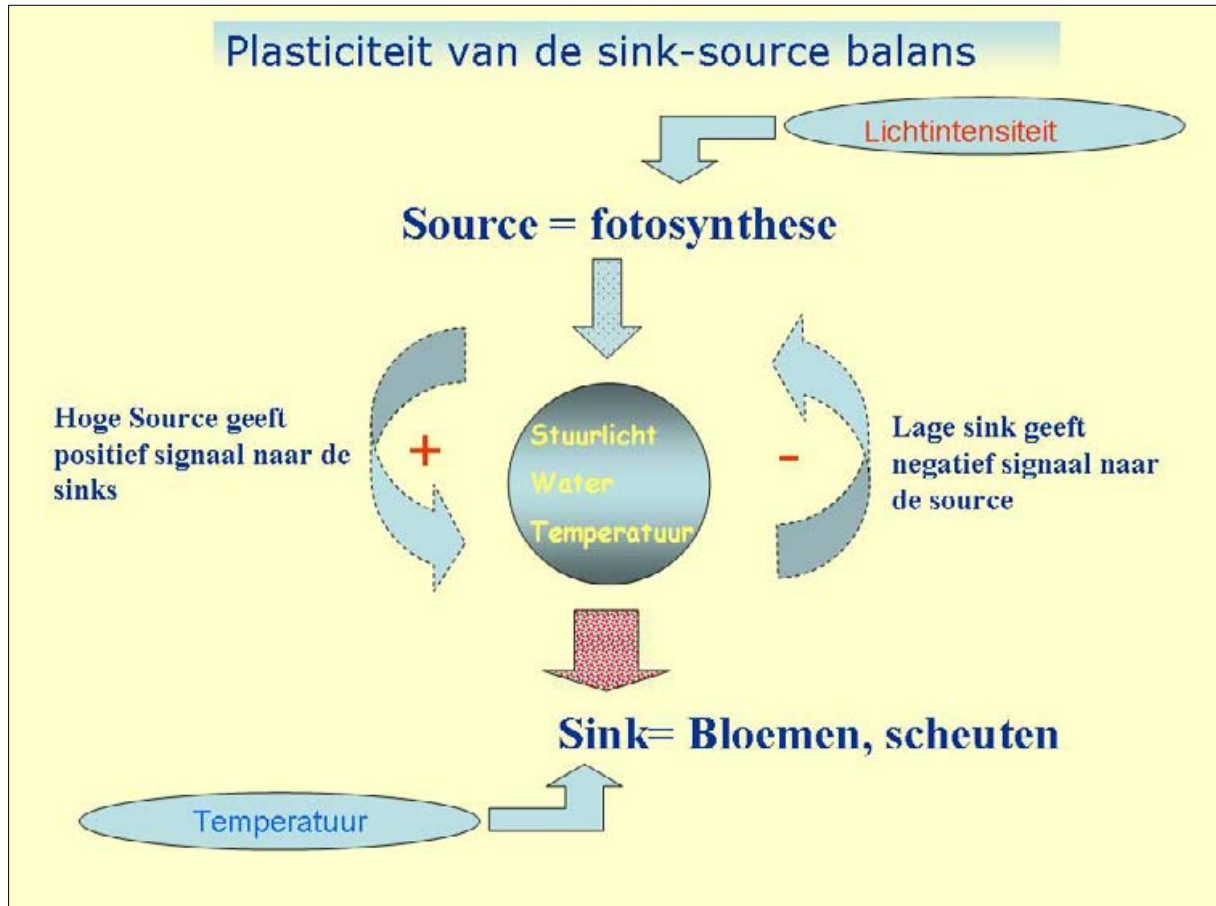
1.1.2 Sleutelparameters

In het onderzoek werden aan de 11 rassen, 17 parameters in de tijd gevolgd op 2 locaties. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen source en sink parameters. De reden daarvoor is dat beide groepen van processen betrekkelijke onafhankelijk van elkaar zijn. Een goede karakterisering van een nieuw ras is de basis voor een efficiëntere teelt omdat licht, temperatuur en CO₂ optimaal kunnen worden ingezet tijdens de productie en er doelgericht maatregelen kunnen worden genomen als een ras voor source of sink in suboptimale omstandigheden dreigt te geraken.

- **Source:** hieronder vallen alle processen die te maken hebben met de aanmaak van suikers, zoals fotosynthese, fotosynthese capaciteit, lichtonderschepping, huidmondjes opening en chlorofyl gehalte.
- **Sink:** processen die te maken hebben met de benutting van suikers, zoals groeicapaciteit van nieuwe scheuten en bloemen, uitgroeiduur, maar ook hoeveelheid aangemaakte droge stof, aantal scheuten, taklengte en bladdikte.

Sink en source processen zijn als twee armen van een balans die in evenwicht moeten zijn om een optimale productie te realiseren (Schapendonk et al., 1984a,b; 1998; Mortensen en Gislérød, 1994; Mortensen et al; 1992a,b). Het belangrijkste source proces, de fotosynthese, wordt door de lichthoeveelheid gestuurd, terwijl sink processen zoals groei en ontwikkeling vooral door temperatuur en lichtkwaliteit worden bepaald. Dit project richt zich op de genetische variatie die er bij roos aanwezig is voor beide zijden van de balans. Voor de uiteindelijke evaluatie van teeltmaatregelen is een goed begrip van de interactie tussen de vraag naar assimilaten en het aanbod ervan belangrijk en daarom is het belangrijk om de processen over langere tijd te volgen en niet af blind te varen op incidentele metingen (Zieslin and Tsujita 1990; Jiao et al. 1991 a,b; Grossi et al., 2003). Als voorbeeld kan het uitlopen van nieuwe scheuten worden genoemd. Als er

geen assimilaten aanbod is zullen de ogen niet uitlopen tot nieuwe scheut (Warner en Erwin; 2005), maar als er geen ogen zijn aangelegd, zal een hoog assimilaten aanbod geen effect sorteren op de productie (Cockshull en Horridge, 1977; De Vries et al., 1981,1982.)



Deze structurele benadering maakt een realistisch onderscheid tussen de invloed die omgevingsfactoren hebben op deelprocessen die de productie bepalen en is door Plant Dynamics met succes toegepast bij de modellering van de productie van andere tuinbouwgewassen.

Het succes van een "plantenpaspoort" is niet alleen afhankelijk van de correcte voorspelling van de raseigenschappen maar het moet ook realistisch zijn in termen van uitvoerbaarheid. Het inperken van arbeidsintensieve metingen is daarom een belangrijke voorwaarde voor succes. In samenspraak met de begeleidingscommissie is daarom op voorhand gekozen voor een set kandidaat parameters die vrijwel allen door de veredelaar zelf met relatief weinig extra arbeid te meten zijn. Voor sommige parameters is dat niet mogelijk, bijvoorbeeld het meten van de fotosynthesecapaciteit. Voor die parameters zien we echter goede mogelijkheden om in een vervolgtraject afgeleide meetmethoden te ontwikkelen, die de drempel voor toepassing zullen verlagen.

2 Materiaal en Methoden

Het onderzoek werd uitgevoerd op 2 locaties, met verschillende kascondities. Deze keuze is van groot belang geweest want al snel bleek dat de omgevingsfactoren op beide locaties een groot effect hadden op de rassenvolgorde m.b.t. de waargenomen productiecijfers. Aan de hand van een analyse van de onderliggende processen konden de sleutelparameters die verantwoordelijk waren voor de rasverschillen in productie en de verschillen in rangvolgorde, als gevolg van omgevingsfactoren, worden getraceerd.



Het project liep van februari 2007 t/m juni 2007. In die tijd zijn continu data verzameld, Dit rapport geeft een analyse op hoofdpunten. Om een uitspraak te kunnen doen over mogelijke verschillen tussen rassen (genetische verschillen), is het onderzoek uitgevoerd aan 11 rassen. Van alle rassen zijn 10 planten onder vergelijkbare teelt condities opgekweekt in de periode van eind januari (planting) t/m half juni (oogst van de 2e snede). De proef is uitgevoerd op 2 locaties, namelijk bij Olij rozen aan de Hoofdweg 19 De Kwakel en De Ruiter Innovations aan de Meerlandenweg 55 Amstelveen.

2.1 Plant materiaal

2.1.1 Bepaling genetische variatie in lichtbenutting.

De productie capaciteit werd voornamelijk bepaald door:

- assimilatie capaciteit (source)
- groeicapaciteit van nieuwe scheuten en takken (sink)

Focus van dit onderzoek ligt dan ook op het vinden van de sleutelparameter rond de source en sink. Eigenschappen die meer te maken hebben met de kwaliteit van oogstbaar product (zoals bijvoorbeeld houdbaarheid en oogstindex) en daarmee ook van belang zijn ter bepaling van de genetische variatie, zijn vaak al beschreven in bestaande (deel) protocollen. In huidig onderzoek zijn deze aspecten niet meegenomen in de analyse. Het gaat in dit onderzoek puur om productie capaciteit en het belang van omgevingsfactoren daarop.

2.1.2 Rassen op 2 tijdstippen



Colandro 7 maart en 11 april	 A photograph of a rose plant with green leaves and some reddish-brown foliage. A white label with the name 'COLANDRO' is visible in the center.	 A photograph of a rose plant with green leaves and several small, light-colored rose buds.
El Toro 7 maart en 11 april	 A photograph of a rose plant with green leaves. A white label with the name 'EL TORO' is visible in the center.	 A photograph of a rose plant with green leaves and several red rose buds.
Grand prix 7 maart en 11 april	 A photograph of a rose plant with green leaves and some reddish-brown foliage. A white label with the name 'GRAND PRIX' is visible in the center.	 A photograph of a rose plant with green leaves and several small, light-colored rose buds.
Passion 7 maart en 11 april	 A photograph of a rose plant with green leaves and some reddish-brown foliage. A white label with the name 'PASSION' is visible in the center.	 A photograph of a rose plant with green leaves and several red rose buds.
Red Berlin 7 maart en 11 april	 A photograph of a rose plant with green leaves and some reddish-brown foliage. A white label with the name 'RED BERLIN' is visible in the center.	 A photograph of a rose plant with green leaves and several red rose buds.



Op beide locaties werden 10 planten per ras aangehouden, uitgaande van standaard planten en standaard teelthandelingen in een traditionele productie omgeving. De teelthandelingen op beide locaties zijn nauwkeurig afgestemd, zodat verschillen tussen de locaties ten gevolge van verschillende teelthandelingen zijn uitgesloten.

De plantdichtheid bij Olij en De Ruiter is respectievelijk 5 en 7 planten per m². Een belangrijke voorwaarde voor de bruikbaarheid van een genetisch paspoort is de snelheid waarmee de sleutelparameters kunnen worden geschat. De informatie dient snel beschikbaar te zijn en daarom is gekozen voor een betrekkelijk korte evaluatie periode. De looptijd van de proef kan worden ingedeeld in 3 plantfases:

Plantfase 1: primaire scheut

Van de primaire scheut werden de knoppen (stadium erwt grootte) verwijderd. Vervolgens ontstaan aan de primaire scheut zijscheuten (1^e orde scheuten), waarvan de knoppen op dezelfde manier zijn verwijderd.

De primaire scheut werd ingebogen na afrijpen van de 1^e orde scheut; dit is ± 10 dagen na knoppluk. Vóór inbuigen werden fotosynthese metingen uitgevoerd aan het bovenste volgroeide 5-blad. Vroege grondscheuten (> 20 cm) werden niet verwijderd, maar tegelijkertijd ingebogen met de primaire scheut. Om de verschillende rassen zoveel mogelijk in fase te laten lopen, werden 1 week nadat de primaire scheut is ingebogen, eventuele resterende grondscheuten van > 20 cm ingebogen. De bloemknoppen van de ingebogen takken werden steeds verwijderd (erwt grootte). De resterende en nieuwe grondscheuten gaan naar plantfase 2.

Plantfase 2: Uitgroei van de grondscheuten tot oogstbare takken (oogst 1).

De uitgegroeide takken werden geoogst op moment van bloemopening en in de koelcel geplaatst. Verwerking van de takken (wegen e.d.) vindt plaats binnen 1 week na de oogst.

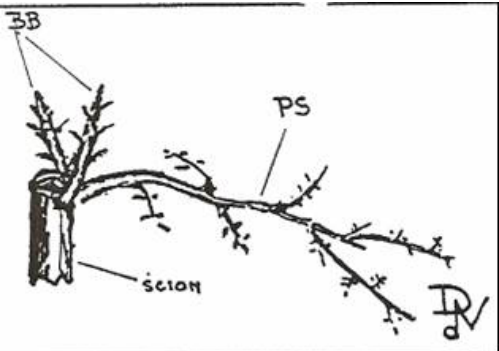
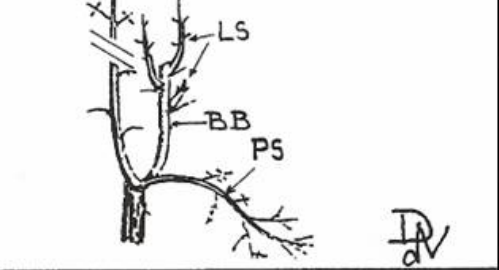
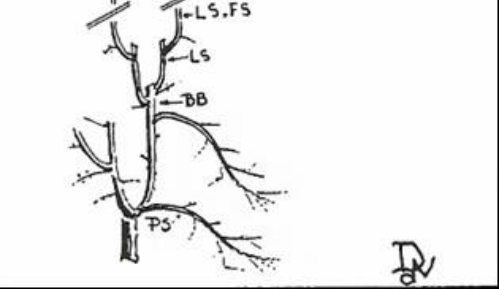
Tijdens deze fase werden fotosynthesemetingen verricht aan bovenste volgroeide 5-bladeren van bijna volgroeide (oogstbare) takken.

De nieuw gevormde (1^e laterale) scheuten gaan naar plantfase 3.

Plantfase 3: Uitgroei van de 1^e laterale scheuten tot oogstbare takken (oogst 2).

De oogst, de verwerking van de takken en de fotosynthesemetingen zijn als beschreven bij plantfase 2. Per ras zijn minimaal 2 nieuwe scheuten gemerkt voor de bepaling van de uitlooptijd tot grootte van 1,5 cm en tot moment van oogst. De proef werd beëindigd na de oogst van de laatste tak, waarbij de resterende plant (alle ingebogen takken, exclusief de wortel) werd geoogst en gewogen.

Tabel 1a

Plantfase 1; Deze loopt van planten t/m het inbuigen van de primaire scheut In de figuur is de primaire scheut weergegeven als PS (primary shoot).	
Plantfase 2; Deze loopt t/m de oogst van de grondscheuten (oogst1). In de figuur zijn de grondscheuten weergegeven als BB (bottom-break)	
Plantfase 3; Deze loopt t/m de oogst van de 1^e laterale scheuten (oogst2). Na de laatste geoogste tak wordt de plant (alle ingebogen takken, exclusief de wortel) geoogst. In de figuur zijn de laterale scheuten weergegeven als LS (lateral shoot)	

2.2 Experimenten

Voor de source parameters zijn de netto assimilatie en de benutting van opgeslagen reserves van belang. In dit onderzoek is alleen de netto assimilatie gemeten. De beschikbaarheid van reserves is indirect terug te vinden in bepaalde "sink" parameters zoals de snelheid van uitlopen van scheuten tot een stadium van 1,5 cm. Immers als er geen reserves aanwezig zijn zou de uitloop van de eerste ogen alleen op basis van de actuele fotosynthese van assimilaten worden voorzien en die is bij een lage LAI te gering om aan de vraag te voldoen.

Ter bepaling van de actuele assimilatie, werden in totaal meer dan 100 licht- en CO₂-reponse curven gemeten. Voor praktijkdoeleinden is dit vanwege de bewerkelijke procedure geen reële optie. De resultaten geven echter voldoende aanknopingspunten om de meetprocedure sterk te vereenvoudigen. De resultaten die voor het genetisch paspoort van belang zijn wat de assimilatie capaciteit betreft zijn:

- Fotosynthese bij hoog en bij laag licht
- Elektronen transport (ETR) en maximum van ETR (J_{max}).
- Huidmondjes opening
- Maximale carboxylatie capaciteit
- Bladgroengehalte
- Lichtinterceptie (LAI)

De fotosynthese, wordt grotendeels bepaald door de hoeveelheid geabsorbeerde lichtenergie (Bredmose-Niels-B, 1994,1998,2000). De factor licht is vooral in de winter een dure productiefactor en het is daarom juist dan van groot belang dat ervoor werd gezorgd dat andere factoren zoals CO₂ en temperatuur niet begrenzend werken (Jiao et al;1988,1989).

Het elektronentransport (ETR) werd bepaald met fluorescentiemetingen. ETR is een afspiegeling van de fotosynthesecapaciteit en wordt veel minder dan de fotosynthese beïnvloed door de opname van CO₂ door de huidmondjes. Een hoge ETR betekent dat de plant in staat is om het opgevangen licht zeer efficiënt te gebruiken. De fotosynthese metingen geven dus een indruk van de actuele fotosynthese inclusief eventuele beperkingen door de huidmondjes, terwijl ETR een afspiegeling is van de fotosynthese capaciteit.

De huidmondjes openingstoestand bepaalt hoeveel CO₂ er in het blad als grondstof voor de assimilatie kan worden opgenomen. Een hoge geleidbaarheid betekent dus een hoge assimilatie, mits de snelheid van ETR voldoende energie levert om de beschikbare CO₂ om te zetten in assimilaten. De huidmondjes openingstoestand varieert sterk en is afhankelijk van vrijwel alle omgevingscomponenten in de kas en daarnaast van het tijdstip op de dag en de bladleeftijd. Bovendien is de genetische variatie erg groot. Desondanks laten de resultaten van het onderzoek zien dat er een snelle toets mogelijk is.

Tenzij anders vermeld, zijn de metingen verricht aan blad 3 of 4, gerekend vanaf de top. De bovenste 50 cm zijn voor 70-80% bepalend voor de productiecapaciteit en meting aan dit blad dient derhalve een goede indicatie te zijn van de assimilatie capaciteit van de bladeren. Uit de verschillende meetdata is een selectie gemaakt die veelbelovend is voor de samenstelling van het genetisch paspoort:

- Fotosynthese snelheid bij hoog & laag PAR
- Fotosynthese snelheid bij hoog & laag CO₂

- Geleidbaarheid van de huidmondjes (verdamping) bij verschillende VPD_i (dampdruk deficit van het blad)
- ETR fluorescentie (capaciteit van elektronentransport)
- Chlorofyl gehalte van de bladeren

De lichtonderschepping van de rassen die vrijwel direct gekoppeld is aan de bladindex (LAI) hoort weliswaar bij de source parameters maar wordt later in verband met sink parameters verder uitgewerkt vanwege de directe koppeling met de gemeten morfologie van de planten.

Met de LiCor-6400 zijn metingen van fotosynthese en verdamping verricht. De apparatuur was hiervoor speciaal geprogrammeerd zodat de lichtintensiteit van de LED-belichting in de meet cuvette exact is ingesteld op de gewenste waarde en type meting (bijvoorbeeld oplopende lichtintensiteit volgens een vast protocol). Op die manier kan gedurende de gehele proef zeer reproduceerbaar worden gemeten. Om de effecten van CO_2 concentratie te bestuderen werd de lucht die door de meet cuvette stroomt, op de gewenste concentratie afgesteld.

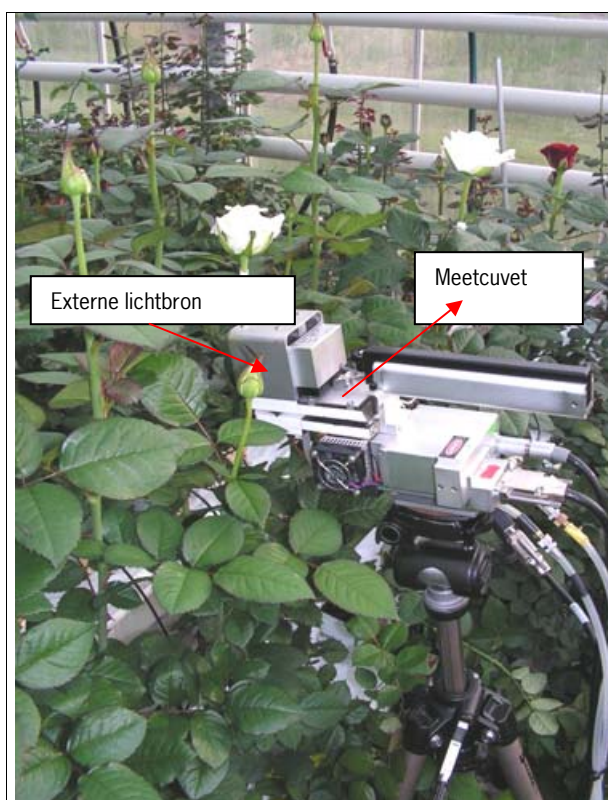


Fig. 1

LiCor-6400 meetapparatuur
Metingen zijn uitgevoerd met de LiCor 6400. In de meetcuvet van deze apparatuur kunnen de lichtintensiteit, de CO_2 concentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gevarieerd worden. Hierdoor kan de reactie van de fotosynthese op deze veranderingen bepaald worden. De standaardcondities tijdens de metingen waren zoveel mogelijk gelijk aan de kascondities tenzij anders vermeld.

Per plantfase werden de fotosynthese karakteristieken bepaald aan minimaal 2 planten per ras. De metingen werden uitgevoerd aan een zijblad, grenzend aan het topblad van een pas volgroeid (samengesteld) 5-blad. Vanwege het belang van de juiste bladkeuze, werden eerst fotosynthese meting uitgevoerd bij de heersende kascondities (PAR, CO_2 en T) aan 6 planten per ras. Op deze manier werd een beeld verkregen van de variatie tussen de bladeren. Aan het meest actieve blad werd vervolgens een gedetailleerde meting gedaan bij verschillende lichtintensiteiten (bepaling licht response curve) en CO_2 concentraties (bepaling CO_2 response curve). Bij alle metingen werden ter karakterisering van de fotosynthese capaciteit, chlorofyl fluorescentie metingen

uitgevoerd. Per plantfase en per locatie zijn de metingen binnen een zo kort mogelijk tijdsbestek uitgevoerd, om tijdseffecten en wisselende klimaatseffecten zoveel mogelijk te beperken. N.B. De planten bij Olij zijn 1 week eerder geplant dan bij De Ruiter. De fotosynthese metingen zijn bij Olij dan ook steeds circa 1 week eerder uitgevoerd.

Tabel 1b gemiddelde klimaatcondities in de kas tijdens de fotosynthese metingen

	Primaire scheut		Grond scheut (oogst1)		Laterale scheut (oogst2)	
	Olij Week 9	De Ruiter Week 10	Olij Week 15	De Ruiter Week 15	Olij Week 20	De Ruiter Week 21
Meetweek						
Leeftijd ¹	32	33	75	72	113	113
PARsom ²	15	12	20	17	20	17
Temperatuur ³	20,7	22,3	23,7	24,9	23,3	25,6
VPD _{lucht} ⁴	0,69	0,75	0,88	1,24	0,68	1,03

¹⁾ gemiddeld aantal dagen vanaf planten, waarbij de fotosynthese karakteristieken zijn bepaald

²⁾ gemiddelde PAR som in de kas (in mol/m² per dag) op de meetdagen

³⁾ gemiddelde temperatuur in de kas (in °C) op de meetdagen overdag (7.00 – 19.00 uur)

⁴⁾ gemiddelde VPD_{lucht} van de lucht in de kas (in kPa) op de meetdagen overdag (7.00 – 19.00 uur)

2.3 Kasklimaat tijdens de experimenten

Onderstaande klimaatgegevens zijn geregistreerd door klimaatcomputer en dataloggers, die werden gepositioneerd binnen de proefvakken. Op beide locaties werd in de winter assimilatiebelichting toegepast. Bij een straling boven 600 Watt globaal buiten werd het binnenscherm dichtgetrokken. De CO₂ concentratie overdag varieerde tussen 800 en ruim 1000 ppm. Alleen op zonnige dagen was dit lager, maar het niveau kwam gemiddeld niet onder de 500 ppm.

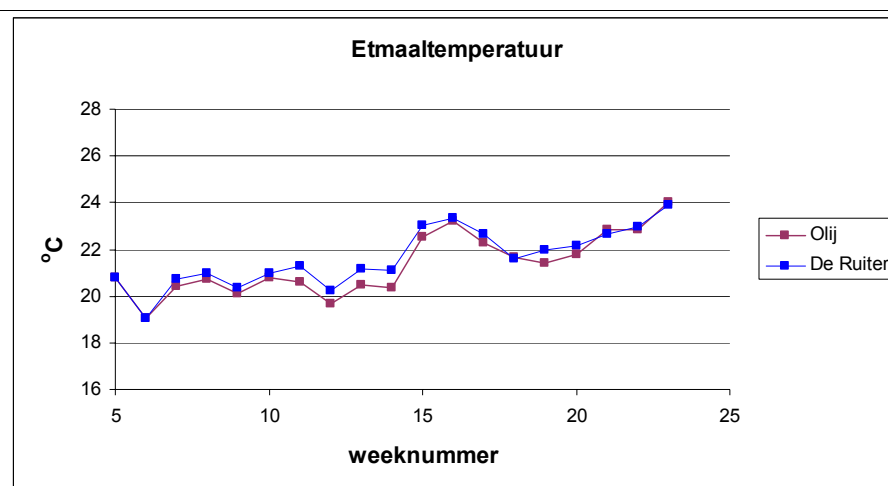


Fig. 2
Gemiddelde etmaaltemperatuur per week per locatie. Let daarbij op de hoge waarden voor de kastemperatuur in de periode van week 15-18. De tweede fotosynthese meetserie (tijdens de uitgroei van de grond scheuten) viel binnen deze periode.

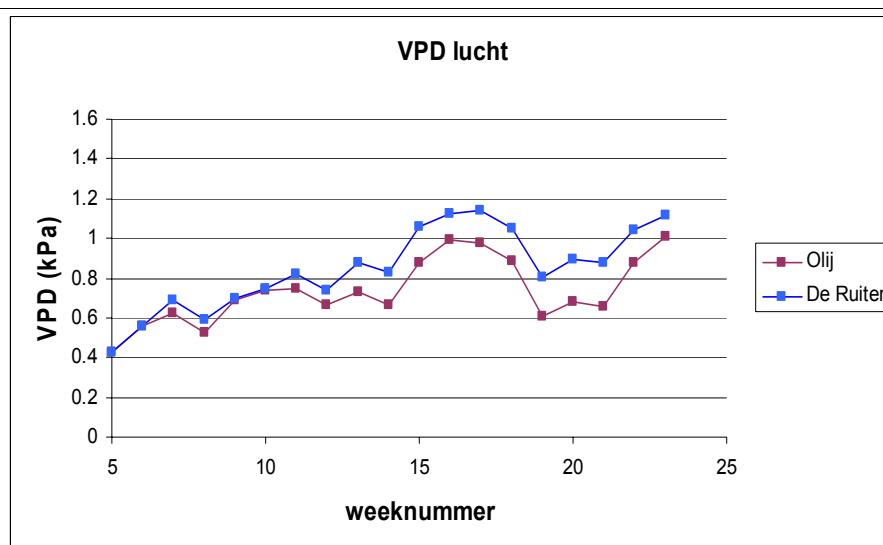


Fig. 3

Gemiddelde VPD (dampdruk deficit van de lucht) per week per locatie.

Uit deze meting komt naar voren dat de lucht bij De Ruiter, vooral bij hogere temperaturen, droger is geweest.

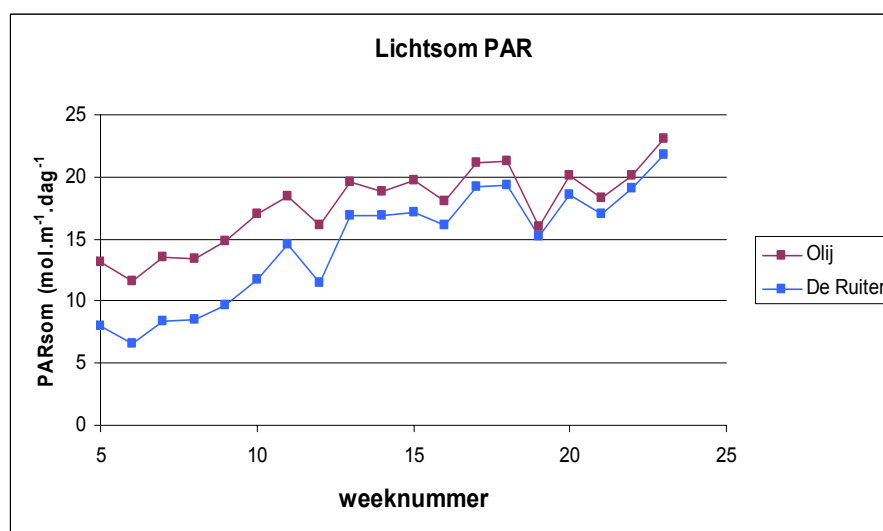


Fig. 4

Weekgemiddelden van lichtsom daglicht+ assimilatiebelichting per locatie.

Het belichtingsniveau van de assimilatiebelichting bij Olij was 120 μmol (10 klux) en bij De Ruiter 50 μmol (4 klux). Dit verklaart het aanzienlijke verschil in lichtsom in het begin van de proef. Later, als het aandeel daglicht toeneemt, neemt het verschil af.

3 Resultaten

3.1 Source componenten

3.1.1 Fotosynthesemetingen en de invloed van lichtintensiteit

Voor plantengroei is met name het licht in het golflengtegebied tussen 400 en 700 nm (PAR-licht) belangrijk. De lichtintensiteit waarbij een plant optimaal groeit wordt begrensd door een benedenwaarde voor de maximale efficiëntie en een bovenwaarde waarboven beschadiging optreedt. Doel van deze experimenten is een vroegtijdige en snelle definitie van de assimilatie

eigenschappen van de rassen. Uit de metingen blijkt dat bij roos de fotosynthese een van de belangrijkste raseigenschappen is. De productie wordt immers bepaald door de assimilatie (source) waarbij de aanleg van nieuwe sinks (groeicapaciteit van nieuwe scheuten en bloemen) veel meer volgend is dan leidend. Het is overigens moeilijk om beide groepen exact te scheiden vanwege de terugkoppelingen die er zijn. Zo zal een hoge fotosynthese een verhoogd niveau van assimilaten in de plant induceren wat vervolgens de cytokinine productie stimuleert en die cytokinine bevordert op zijn beurt de scheut uitgroei (De Vries en Smeets 1978a,b). Er zijn echter ook situaties dat de sinksterkte belangrijker is dan de source, bijvoorbeeld wanneer in een teelt een hele snede tegelijkertijd wordt geoogst. Dan worden in korte tijd alle groeiende delen weggehaald en dan is de snelheid waarmee nieuwe sinks worden gevormd van groot belang. Overigens vormen die sinks ook weer nieuw blad voor de benodigde assimilaten en dan is het weer moeilijk om het relatieve belang van source en sink te onderscheiden. In die situatie is de uitgroei van nieuwe scheuten (sinks) in elk geval tijdelijk snelheidbepalend, maar in vrijwel alle andere situaties wordt de productie van rozen bepaald door de fotosynthese en benutting van opgeslagen reserves. Dat is natuurlijk ook de reden dat telers besluiten om hoge CO₂ doseringen en hoge intensiteit van de assimilatiebelichting te gebruiken. Deze maatregelen zijn puur gericht op een hoge fotosynthese. Gezien het gegeven dat deze strategie geen windeieren heeft gelegd in de afgelopen jaren is het verbazingwekkend dat er zo weinig aandacht wordt besteed aan rasverschillen voor fotosynthese eigenschappen.

3.1.2 Fotosynthese snelheid bij laag PAR

Een cruciale factor bij de bepaling van de productiecapaciteit is de lichtbenutting onder lichtbeperkende condities (Zieslin en Mor; Zieslin en Tsujita; 1990). Tot ongeveer 250 $\mu\text{mol PAR}$ neemt de fotosynthese van de bovenste bladeren vrijwel lineair toe. Dit is dus tevens de bovengrens van het licht waarbij de benutting nog net maximaal is. Daarboven neemt de meeropbrengst van extra licht af, wat natuurlijk niet wil zeggen dat de fotosynthese boven die lichtdrempel niet verder toeneemt. Een μmol fotosynthese per seconde komt overeen met 0.1 - 0.2 gram drogestof productie per m^2 blad per uur, ofwel 1 tot 2 kg drogestof per ha. Uit de licht response curve van het topblad blijkt dat de fotosynthese zelfs bij een lichtniveau van 1000 $\mu\text{mol PAR}$ (585 Watt globaal buiten) nog niet geheel verzadigd is.

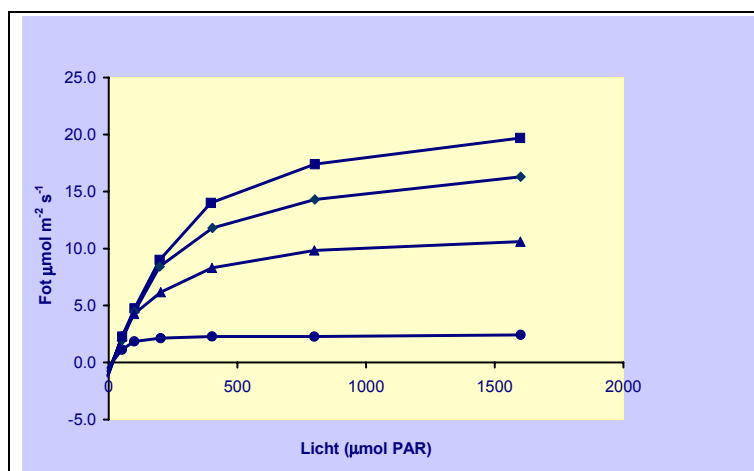


Fig. 5

Als voorbeeld van de werkwijze om de fotosynthese eigenschappen te karakteriseren is in deze figuren de fotosynthese van Red Berlin weergegeven op verschillende hoogtes aan de stengel (top, 30 cm, 50 cm en uitgebogen blad. Bij hogere lichtintensiteiten treedt verzadiging op.

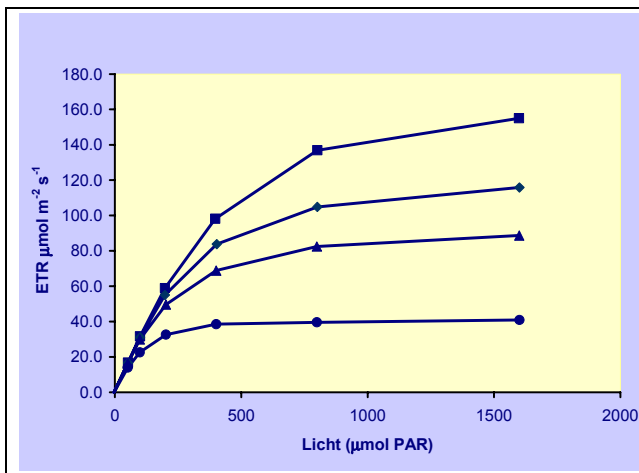


Fig. 6

In deze figuur is het elektronentransport in de bladgroenkorrels aan hetzelfde blad gemeten als in figuur 5 met fluorescentiemetingen. Als de huidmondjes open staan is er een zeer goede correlatie tussen deze waarden en de fotosynthese (zie figuur 7). Er zijn ongeveer 6 elektronen nodig om 1 molecuul CO_2 vast te leggen.

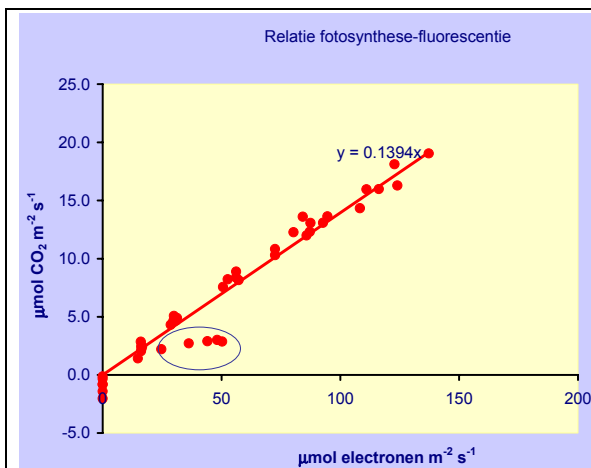


Fig. 7

Als de huidmondjes geen beperking zijn voor de assimilatie is er een zeer significant verband tussen de assimilatie (y-as) en het elektronentransport (ETR) op de x-as. De parameter J_{max} (zie verder in dit verslag) is de maximale snelheid van ETR bij lichtverzadiging (Schreiber et al., 1994).

Zoals in bovenstaande figuren werd aangegeven is de grens voor een evenredige toename van de fotosynthese $250 \mu\text{mol PAR}$. Tijdens het experiment zijn in de genoemde drie periodes 400 metingen verricht om een betrouwbaar beeld te krijgen van de genetische variatie onder lichtarme omstandigheden. De gemiddelde resultaten zijn in onderstaande tabel samengevat.

Tabel 2 Gemiddelde fotosynthesesnelheid en huidmondjesgeleidbaarheid bij laag licht (250 $\mu\text{mol PAR}$)

ras	Fotosynthese snelheid		Huidmond- jes Geleid baarheid		VPD _l		PARKas	
	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	se	$\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	se	kPa	se	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	se
akito	12.23	0.19	0.13	0.012	0.94	0.04	255.91	36.52
aqua	11.51	0.31	0.09	0.007	0.86	0.03	168.29	22.79
avalanche	11.76	0.22	0.08	0.005	0.89	0.04	202.88	32.61
colandro	9.81	0.30	0.06	0.024	0.66	0.07	108.45	13.46
El Toro	11.25	0.29	0.15	0.017	0.93	0.03	114.97	14.41
grand prix	12.59	0.28	0.11	0.007	0.90	0.03	102.94	13.13
passion	11.93	0.26	0.06	0.005	0.82	0.02	159.70	21.54
red berlin	12.77	0.23	0.19	0.007	0.95	0.02	198.21	21.26
SW avalanche	11.58	0.28	0.11	0.018	0.91	0.03	180.97	18.53
Torero	11.78	0.31	0.13	0.009	0.98	0.03	145.31	19.25
wow	12.34	0.21	0.12	0.005	1.02	0.04	149.26	11.92
	Verdamping $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$		Tkas		Tblad		RV	
		se		se		se		se
akito	1.20	0.14	25.92	0.45	25.64	0.38	71.80	0.95
aqua	0.76	0.05	23.99	0.20	23.10	0.39	67.84	1.59
avalanche	0.69	0.06	24.24	0.46	23.88	0.45	69.05	0.95
colandro	0.28	0.09	24.22	0.24	23.33	0.51	73.26	1.48
El Toro	1.22	0.08	25.15	0.11	24.49	0.16	67.29	0.76
grand prix	1.01	0.06	23.67	0.19	23.54	0.30	68.23	1.75
passion	0.46	0.04	24.86	0.27	25.40	0.39	76.99	1.54
red berlin	1.71	0.04	24.46	0.20	23.94	0.25	66.11	1.16
SW avalanche	0.70	0.09	24.58	0.26	24.79	0.38	72.16	1.04
Torero	1.25	0.11	25.66	0.43	25.01	0.38	67.11	0.65
wow	1.21	0.08	25.96	0.43	25.27	0.39	66.30	0.65

De genetische variatie voor de fotosynthese bij lage lichtintensiteiten is betrekkelijk gering. Het verschil tussen de extremen aan de bovenkant van de range (Grand Prix, Akito en Wow) en de onderkant (Colandro) is ongeveer 30%. Grand Prix is ook onder praktijkomstandigheden een goede producent bij relatief lage lichtintensiteiten en dat blijkt ook duidelijk uit deze toets. De metingen zijn gedaan bij vergelijkbare waarden voor het dampdruk deficit van het blad (VPD_l). De lage waarde voor Colandro kan daaruit niet verklaard worden, ook al omdat juist bij Colandro de VPD_l van het blad betrekkelijk laag was. Bij de relatief lage lichtintensiteit van 250 $\mu\text{mol PAR}$ wordt de fotosynthese vooral bepaald door de lichtabsorptie van het blad en de efficiëntie van het fotosyntheseproces. Er was echter geen significante correlatie tussen het chlorofylgehalte en de fotosynthesemetingen bij laag licht. Dit werd gedeeltelijk veroorzaakt door de grote spreiding en anderzijds door het feit dat het chlorofyl gehalte veel minder invloed heeft op de absorptie van licht dan vaak wordt verondersteld.

3.1.3 Chlorofyl gehalte bladeren

Tabel 3 Chlorofylgehalte van de bladeren (mmol/m² blad chlorofyl a+b)

	week	Akito	Aqua	Avalanche	Colandro	El Toro	Grand Prix
De Ruiter	15	0.610	0.539	0.602	0.574	0.688	0.535
	21	0.552	0.579	0.589	0.581	0.629	0.588
Olij	15	0.618	0.598	0.621	0.618	0.751	0.661
	20	0.585	0.575	0.597	0.582	0.676	0.644
			Passion	Red Berlin	Sw Avalanche	Torero	Wow
De Ruiter	15		0.736	0.645	0.578	0.696	0.621
	21		0.637	0.588	0.600	0.677	0.667
Olij	15		0.747	0.704	0.661	0.732	0.724
	20		na	0.629	0.664	0.649	0.591

De lagere waarden bij de Ruiter zijn mogelijk veroorzaakt door een tekort aan stikstof. Ook bij Olij nam het chlorofylgehalte van de bladeren af van week 15 naar week 20. Het kan zijn dat ook hier een stikstof tekort een rol speelt maar anderzijds kan dit ook veroorzaakt zijn door de toename in lichtintensiteit. Het is bekend dat bij een toename van de lichtintensiteit er minder stikstof naar de topbladeren wordt getransporteerd dan in winter en herfst (Gonzalez-Real en Baille , 2000). Er was een geringe negatieve correlatie met Jmax en Vcmax. Met andere woorden een hoog chlorofylgehalte is in geringe mate zelfs negatief gecorreleerd met de fotosynthese. Dit kan worden verklaard doordat bladeren met een hoog chlorofylgehalte weliswaar veel licht onderscheppen maar in ruil daardoor weinig eiwit investeren in RubisCo, het eiwit dat CO₂ vastlegt. Donkergroene bladeren geven dus geen enkel positief perspectief op een hoge productie. Het is wel zo dat bij zeer lage lichtomstandigheden bladeren beter presteren als het chlorofylgehalte hoog is. Evenals de fotosynthese was ook de huidmondjesopening zwak negatief gecorreleerd met het chlorofylgehalte. De bladeren met het hoogste chlorofyl gehalte hebben de hoogste lichtabsorptie maar dat betekent dus nog niet dat deze bladeren ook de hoogste fotosynthese hebben.

Uit de metingen bij laag licht kan worden vastgesteld dat de fotosynthese tot 250 µmol PAR een conservatieve eigenschap is met betrekkelijk geringe rasverschillen, hoewel 30% verschil

in fotosynthese bij laag licht, vanuit het teeltperspectief toch niet onbelangrijk is.

3.1.4 Fotosynthese snelheid bij hoog PAR

Het is opmerkelijk dat de productie van rozen, in zomer en winter vrijwel gelijk is. Er zijn immers 2 redenen om te verwachten dat de productie in de zomer tenminste 2x zo hoog kan zijn. Ten eerste neemt de fotosynthesecapaciteit met 20-30% toe bij hogere lichtintensiteiten waardoor de plant beter kan profiteren van het hogere lichtniveau en te tweede kan het gewas bij een hogere lichtintensiteit meer profiteren van extra CO₂ dosering. In de praktijk zien we echter weinig terug van deze verwachte toename in de productiviteit in de zomer en dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de hogere waarden van het dampdruk deficit van het blad (VPD_i). De plant kan namelijk alleen profiteren van de hogere lichtintensiteiten als de CO₂ toevoer in het blad hoog is en ook hoog blijft bij een toename van VPD_i. Opwarming van de kaslucht maar zeker opwarming van het blad zorgt in de zomer voor situaties dat de huidmondjes zich later op de dag gaan sluiten waardoor het voordeel van de hoge lichtintensiteit en hoog CO₂ wordt teniet gedaan. In deze studie is de variatie in de fotosynthese bij hogere lichtintensiteiten daarom uitvoerig bestudeerd.

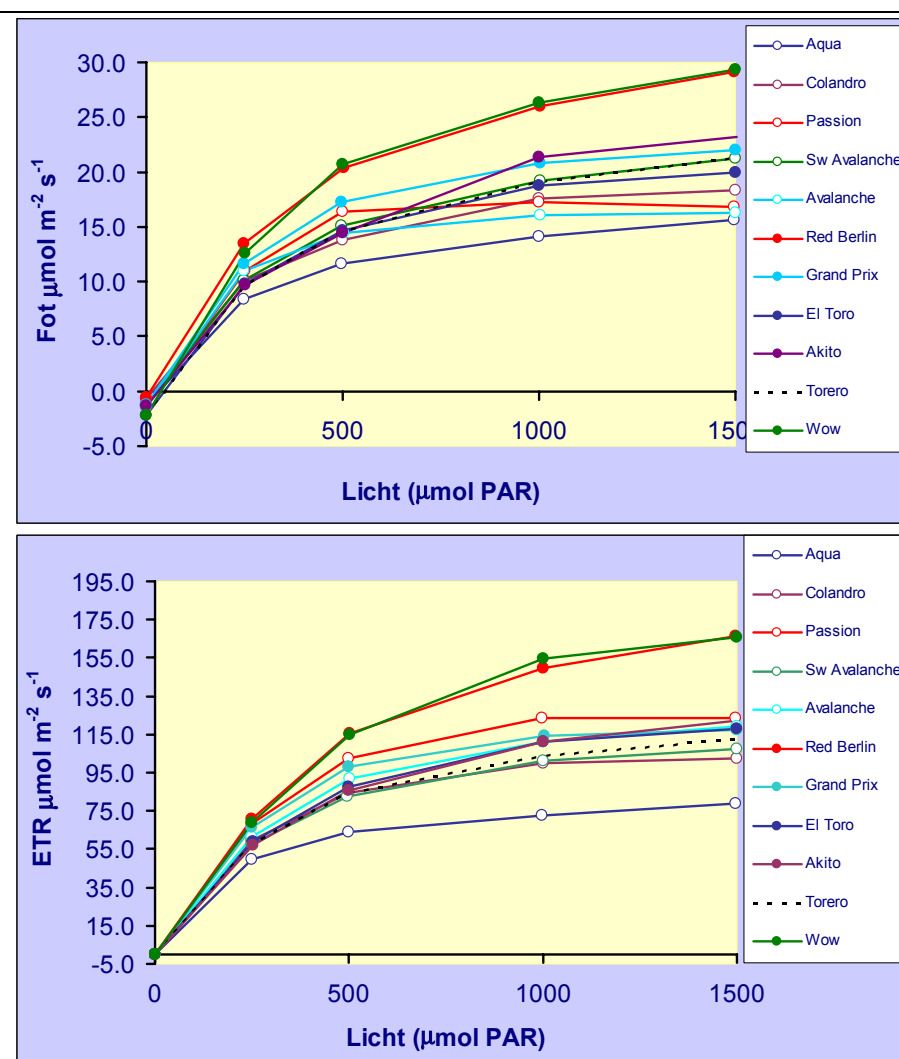


Fig 8

Fotosynthese lichtresponse curves van alle rassen gemeten in februari.

ETR metingen aan dezelfde bladeren als de figuur hierboven. Vergelijking tussen de figuren laat zien dat er een zeer goede correlatie is tussen de fotosynthese metingen en de metingen van ETR, bepaald met fluorescentie metingen.

Bij hoge lichtintensiteit is niet langer de efficiëntie van de fotosynthese maar zijn de maximale capaciteit van het elektronentransport ($J_{\max}$) en de maximale capaciteit van de CO_2 binding ($V_{\max}$) bepalend voor de fotosynthese. In dit onderzoek is daarom uitvoerig aandacht besteed aan deze beide eigenschappen. Plant Dynamics heeft in samenwerking met Wageningen-UR een methode ontwikkeld om de maximale snelheid van het elektronentransport ($J_{\max}$) en de maximale snelheid van de CO_2 binding tegelijkertijd te meten, onafhankelijk van het dampdruk deficit. Zie "Yin, X, M. van Oijen & Ad H.C.M. Schapendonk. 2004. Extension of a biochemical model for the generalised stoichiometry of electron transport limited C3 photosynthesis. Plant Cell & Environment 27: 1211-1222)".

In onderstaande tabel is een samenvatting gegeven van $J_{\max}$ en $V_{\max}$ voor de verschillende cultivars. Een uitvoerige statistische analyse is uitgevoerd met het programma SAS.

Tabel 4 Fotosynthese sleutelparameters

ras	$J_{\max}$ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	se	$V_{\max}$ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	se
Akito	192	12.1	64	2.8
Aqua	131	14.3	50	4.3
Avalanche	145	9.2	55	3.4
Colandro	72	13.4	48	2.8
El Toro	183	10.9	78	7.9
Grand Prix	148	9.1	55	3
Passion	210	22.3	70	3.9
Red Berlin	162	7	67	4.6
Sweet Avalanche	145	7	60	3.5
Torero	171	11	66	4
Wow	178	7.5	62	4.1

De hierboven gepresenteerde getallen geven aan wat de bladeren van de rassen kunnen presteren bij relatief hoge lichtintensiteiten. De fotosynthese parameters zijn onderverdeeld in 2 componenten, omdat deze door verschillende processen werden bepaald:

- $J_{\max}$ geeft de capaciteit aan waarmee het blad licht kan verwerken (elektronentransport).
- $V_{\max}$ geeft de capaciteit aan waarmee CO_2 kan worden gebonden aan het enzym Rubisco.

$V_{\max}$ is vooral bepalend voor de fotosynthese als de huidmondjes ver openstaan (hoge geleidbaarheid voor CO_2) bij een hoge lichtintensiteit.

Zoals eerder besproken is het verschil in fotosynthese bij laag licht (250 $\mu\text{mol PAR}$) tussen de cultivars gering. Echter voor $V_{\max}$ is het verschil tussen de laagste waarde (48 bij Colandro) en de hoogste waarden (78 bij El Toro en vergelijkbare hoge waarden bij Passion en Red Berlin) bijna 50%. Dat zou betekenen dat het ras El Toro bij hoge lichtintensiteiten en hoog CO_2 , een 50% hogere fotosynthese capaciteit heeft dan Colandro of Aqua. Natuurlijk spelen sink aspecten en huidmondjesgedrag hierbij ook een grote rol maar het is opmerkelijk dat er zulke grote significante verschillen zijn. De tweede component, $J_{\max}$ is een component die alleen van belang is als $V_{\max}$ hoog genoeg is. Uit ervaring kan gezegd worden dat $J_{\max}$ minimaal 2,5 maal zo hoog dient te zijn als $V_{\max}$. Bij de onderzochte rassen is dit altijd het geval behalve voor Colandro en Sweet Avalanche en in mindere mate voor El Toro. De praktische consequentie daarvan is dat deze cultivars minder van een hogere CO_2 concentratie zullen profiteren dan verwacht mag worden op basis van $V_{\max}$. De reden hiervoor is dat de fotosynthese bij hogere

lichtintensiteiten eerder wordt beperkt door de snelheid van het elektronentransport dan door door de V_{cmax} . Omdat uit dit onderzoek blijkt dat J_{max} en V_{cmax} eigenschappen zijn met significante verschillen geeft tussen cultivars, is de volgende stap om uit te zoeken hoe deze parameters, onder kasklimaat condities doorwerken op de productie.

De waarde van V_{cmax} wordt berekend bij de interne CO_2 concentratie in het blad. Die moet dus hoog zijn om optimaal te profiteren van een hoog elektronentransport (J_{max}). Dit kan op 2 manieren worden gestuurd: 1 door de openingstoestand van de huidmondjes en 2 een hoge CO_2 concentratie in de kas. De openingstoestand van de huidmondjes is een van de meest dynamisch gereguleerde eigenschappen die de plant kent. In dit onderzoek is zeer uitvoerig gekeken naar de genetische variatie en de invloeden van de omgeving op de huidmondjes opening. In de volgende paragraaf wordt dit nader toegelicht.

3.1.5 Geleidbaarheid van de huidmondjes (verdamping) bij verschillende VPD_i

Licht is weliswaar de drijvende kracht voor de fotosynthese maar de grondstof voor de fotosynthese (koolzuur) moet via huidmondjes in het blad worden opgenomen. Een hoge geleidbaarheid van de huidmondjes voor CO_2 is daarbij cruciaal voor een goede productiviteit. De geleidbaarheid voor CO_2 werd bepaald door de openingstoestand van de huidmondjes. Gelukkig is de openingstoestand van de huidmondjes lichtafhankelijk. Als de lichtintensiteit toeneemt, gaan de huidmondjes verder open omdat in het blad sensoren waarnemen dat het koolzuurgehalte in het blad afneemt door de fotosynthese. Omgekeerd gaan ze dicht bij lagere lichtintensiteit en hoge VPD_i . In onderstaande figuren zijn de onderzoeksresultaten weergegeven met betrekking tot de genetische variatie en de interactie met het milieu voor de openingstoestand van de huidmondjes.

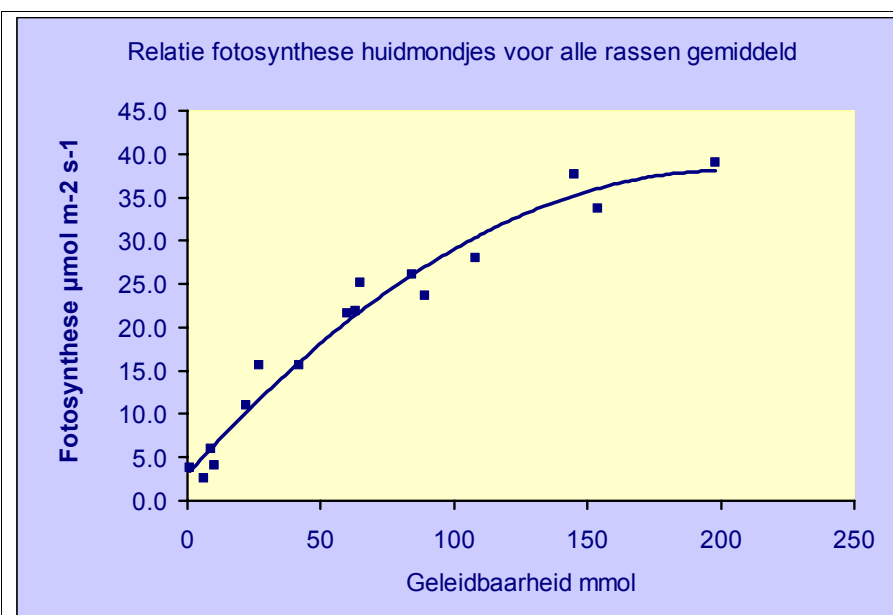


Fig. 9

Er is een zeer significant effect van de huidmondjes opening (G_s) op de fotosynthese bij alle rozen cultivars. G_s is bepalend voor de vraag of de andere source eigenschappen J_{max} en V_{cmax} tot uitdrukking kunnen komen.

Onze werkhypothese is dat de huidmondjes regulering bepaald werd door de VPD_i (het dampdruk deficit van het blad). VPD_i is het verschil tussen de verzadigde dampspanning van water bij de heersende bladtemperatuur en de dampspanning bij de heersende kastemperatuur. Als de kastemperatuur oploopt of de hoeveelheid straling neemt toe dan zal VPD_i toenemen. Het gevolg is een toename in verdamping waardoor het blad in staat is zich te koelen. Soms gaat dat mis. Als

VPD_i langere tijd hoog is, zien we vaak een contraproductieve actie van de plant: de huidmondjes sluiten met als gevolg een nog hogere bladtemperatuur.

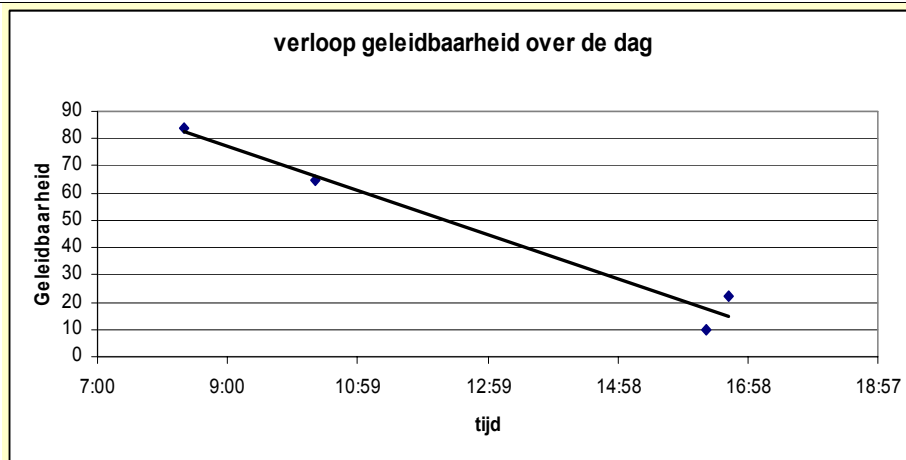


Fig. 10a

Op een warme dag neemt de huidmondjes geleidbaarheid in de loop van de dag af.

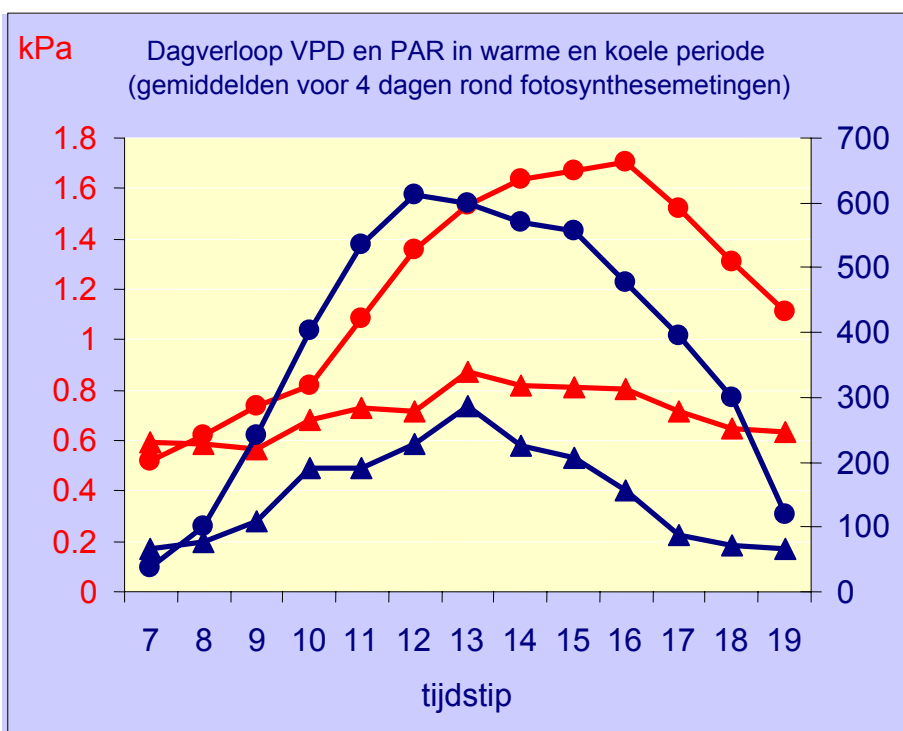
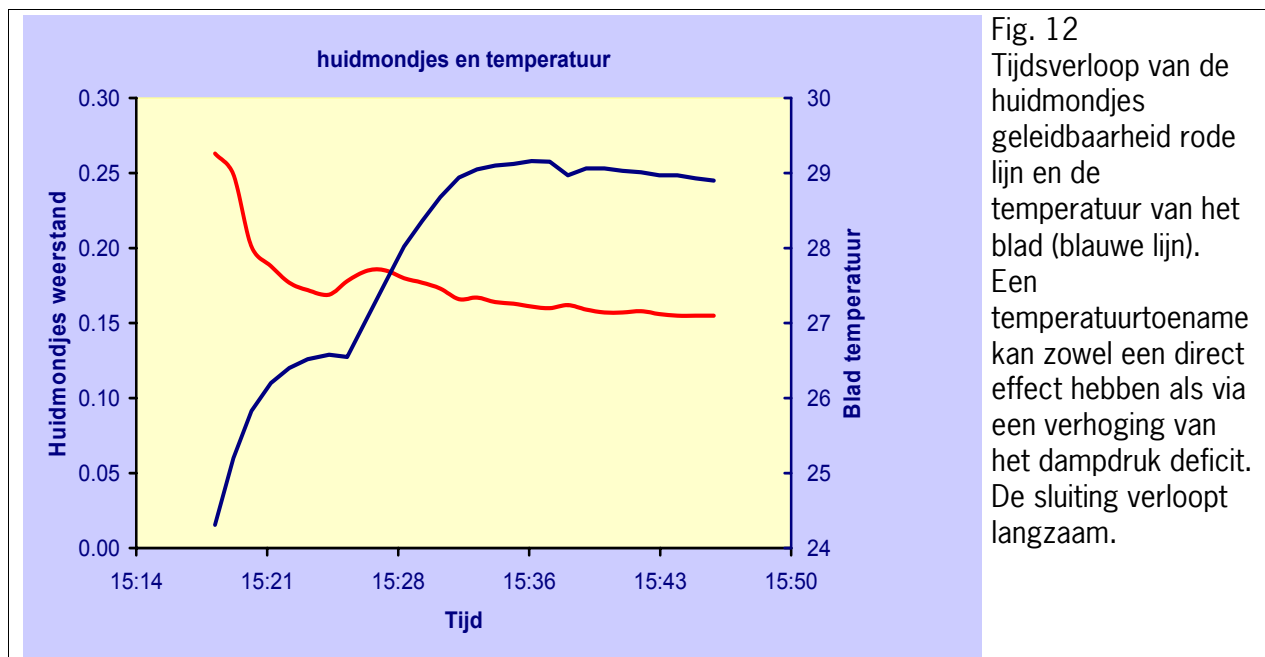
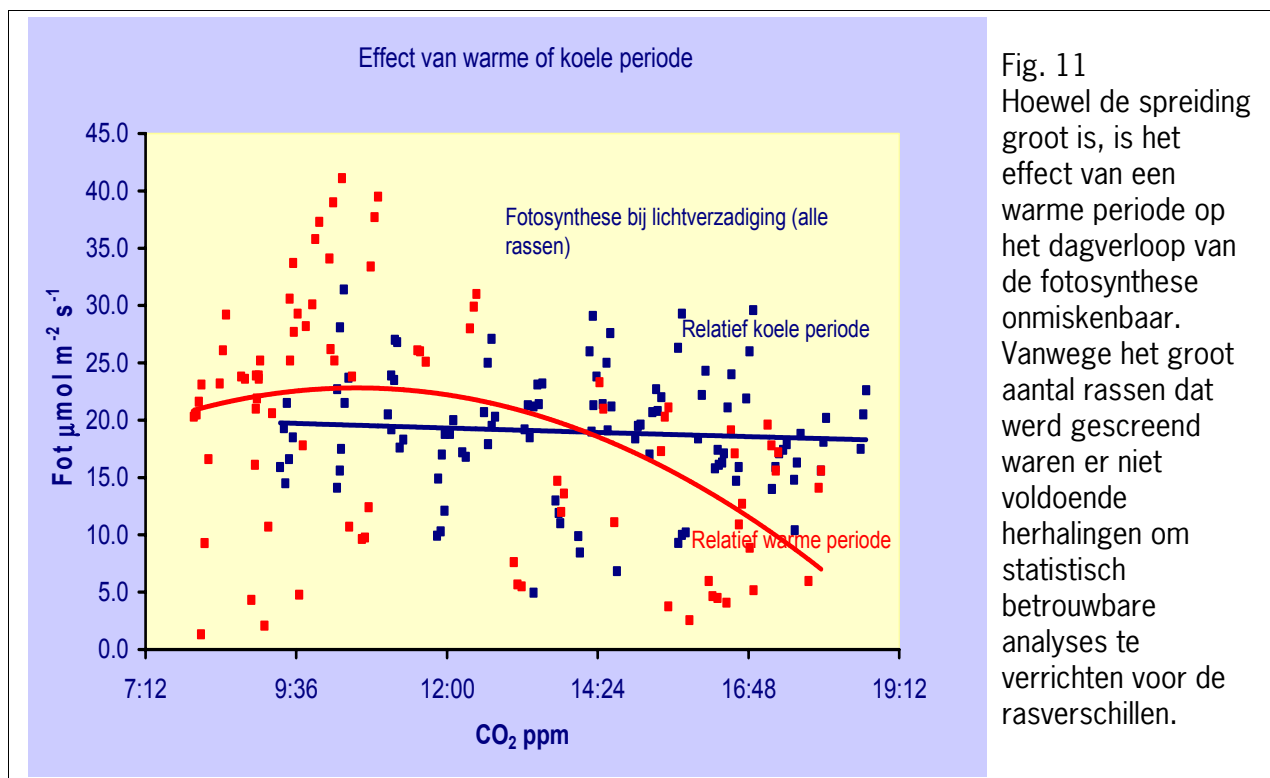


Fig 10b

De metingen in week 9 en 15 werden gekenmerkt door grote verschillen in dagverloop van licht en VPD in de kas. De metingen in week 9 (driehoekjes) staan voor een koele periode met een laag VPD en de metingen in week 15 (rondjes) voor een warme periode met hoog VPD. De effecten daarvan op de dynamiek van de fotosynthese zijn in de volgende figuur geïllustreerd.



In onderstaande tabel is de huidmondjesopening voor de verschillende rassen weergegeven, gemiddeld voor alle lichtreeksen, bij een CO₂ concentratie van 1000 ppm. Hoewel de dynamiek van de huidmondjes waarschijnlijk niet alleen van de momentane VPD_i afhangt is in de analyse van de twee gegroepeerde data sets voor een VPD_i > 0.9 en een VPD_i < 0.9 goed te zien dat de genetische variatie voor de VPD_i afhankelijkheid groot is.

Tabel 5 Gemiddelde huidmondjesgeleidbaarheid voor alle gemeten lichtintensiteiten over 3 perioden bij een hoog en een laag dampdruk deficit van het blad.

ras	Gs bij $VPD_L > 0.9$ kPa $\text{Mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	se	Gs bij $VPD_L < 0.9$ kPa $\text{Mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	se
Akito	0.129	0.018	0.178	0.008
Aqua	0.082	0.009	0.078	0.015
Avalanche	0.089	0.007	0.108	0.011
Colandro	0.076	0.005	0.051	0.017
El Toro	0.140	0.009	0.169	0.011
Grand Prix	0.076	0.009	0.128	0.011
Passion	0.055	0.015	0.080	0.010
Red Berlin	0.141	0.010	0.208	0.021
Sweet Avalanche	0.071	0.008	0.104	0.010
Torero	0.120	0.012	0.099	0.006
Wow	0.111	0.009	0.263	0.008

Voorals rassen als Passion, Colandro, Sweet Avalanche en Grand Prix hebben het moeilijk als de VPD_L hoog wordt. Een hoge VPD_L kan veroorzaakt worden door een lage RV in de kas, een hoge bladtemperatuur maar meestal een combinatie van beiden.

In een vervolgonderzoek willen we het protocol op dit punt verder aanscherpen door te bestuderen hoe de genetische variatie voor huidmondjesgedrag afhangt van de som van VPD_L over een bepaalde, nader te bepalen, tijdsduur. Het effect van VPD_L speelt alleen een rol in de zomerperiode. In de winter is de geleidbaarheid van de huidmondjes hoog en bij een lange dag (18 uur assimilatiebelichting) blijven de huidmondjes ook in het donker open (Fig. 13).

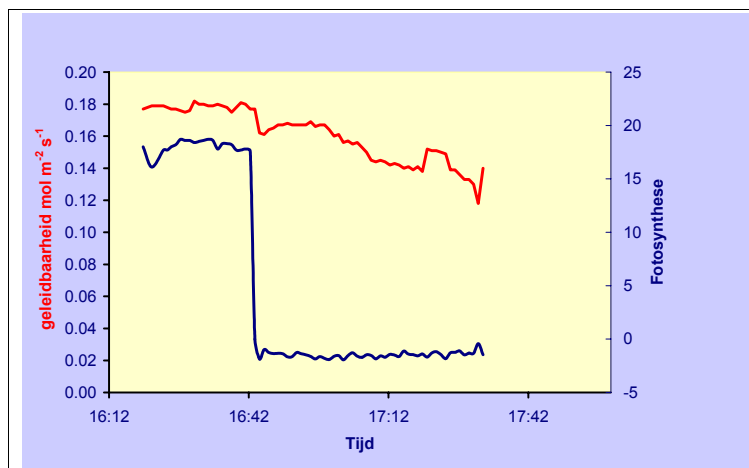


Fig. 13

Huidmondjes (G_s) blijven bij roos open in het donker. G_s is daardoor niet alleen bepalend voor de fotosynthese overdag maar ook voor de potentie van een cultivar om "klimaat te maken" gedurende de nacht (Blom-Zandstra et al., 1995).

In dit onderzoek is geen aandacht besteed aan de genetische variatie voor de reactie van de plant op een geïntegreerd VPD_L . Op basis van de tweede meetserie, welke is uitgevoerd in een periode van aanhoudende hoge temperaturen en VPD in de kas, zijn echter wel aanwijzingen gevonden dat een geïntegreerde VPD_L van belang kan zijn op variatie in plant respons. Momentane reacties op wisselend VPD_L verlopen over het algemeen langzaam.

Tabel 6 Effect van zomer/winter condities op huidmondjesdynamiek over de dag

Effect 'warme dag' op huidmondjes over de dag					Om een beter beeld te krijgen van de raseffecten, is een gedetailleerde studie gewenst waarin VPD _i en de hier weergegeven sleutelparameters over een periode van 3-4 dagen worden geregistreerd. De proefopzet zal minder breed worden opgezet als dit experiment met een beperkt aantal rassen, om een veel gedetailleerdere analyse te kunnen verrichten van de interactie tussen de raseigenschappen en VPD _i .
"Normale dag"	tijd	gs	Fot(250μmol)	Fot(max)	
Akito	12:40	180	11.5	32	
Aqua	10:45	200	12.2	29	
Avalanche	9:30	170	13	33	
Colandro	14:30	94	12.4	20	
El Torro	12:00	140	11.7	27	
Grand Prix	10:05	185	13.1	31	
Passion	13:30	220	13.1	34	
Red Berlin	12:00	200	12.1	25	
Sweet					
Avalanche	11:20	144	12.6	30	
Torero	8:10	190	12.3	36	
Wow	8:50	100	12.6	28	
Zeer warme dag					
Passion	15:45	10	5.3	<5.3	
Sweet					
Avalanche	16:20	8	5.1	<5.1	
Sweet					
Avalanche	8:20	76	11.8	26	
Torero	17:10	62	11.3	17	
Wow	10:40	160	12.8	38	

3.1.6 Ras effecten en CO₂ respons.

In Figuur 14 is het effect van de koolzuurconcentratie op de productiviteit te zien.

De metingen zijn verricht aan de bovenste bladeren bij een lichtintensiteit van 1500 μmol PAR. Deze metingen laten duidelijk zien hoe belangrijk een goede CO₂ dosering is. Hierbij dient wel de kanttekening gemaakt te worden dat op de lange termijn de effecten van een hoge CO₂ concentratie meestal kleiner zijn dan de momentaan gemeten effecten omdat de plant zich aanpast aan een hogere CO₂ concentratie. Om het effect van de huidmondjesopening te elimineren zijn de fotosynthesesnelheden berekend bij de interne CO₂ concentratie. Zo is goed te zien dat Aqua zeer goed reageert op de interne CO₂ concentratie maar dat de eindwaarde (gerealiseerd bij een externe CO₂ concentratie van 1200 ppm) laag is, omdat de huidmondjes bij Aqua relatief ver gesloten waren in alle meetperioden.

Uit de resultaten blijkt een interne CO₂ concentratie van minimaal 600 ppm voor optimaal effect. Om deze concentratie te realiseren is een dosering tot minimaal 800 ppm gewenst. Bij hoge lichtintensiteiten is 1000 ppm gewenst. Ook zou een korte periode met een lage concentratie de "gewenning" aan hoog CO₂ kunnen doorbreken.

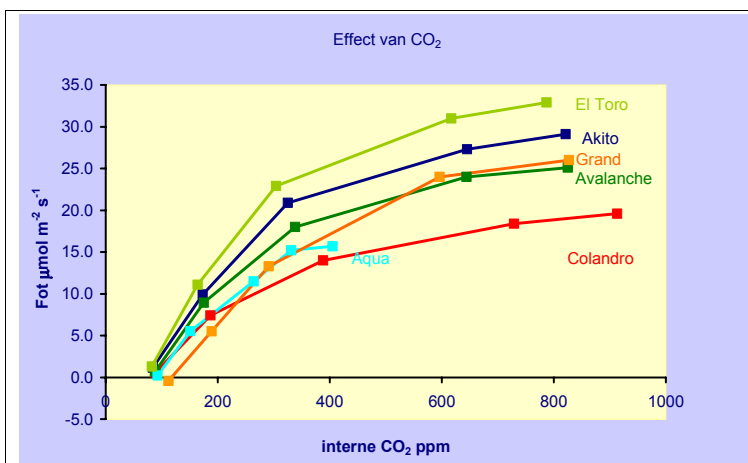


Fig. 14

Verloop van de fotosynthese bij verschillende CO₂ concentraties. De CO₂ concentratie is verhoogd van laag naar hoog. Soms sluiten de huidmondjes tijdens de opeenvolgende verhogingen van de CO₂ concentratie, waardoor de fotosynthese in een neergaande lijn vaak lager is dan in een opgaande lijn. De lichtintensiteit was 1500 μmol PAR.

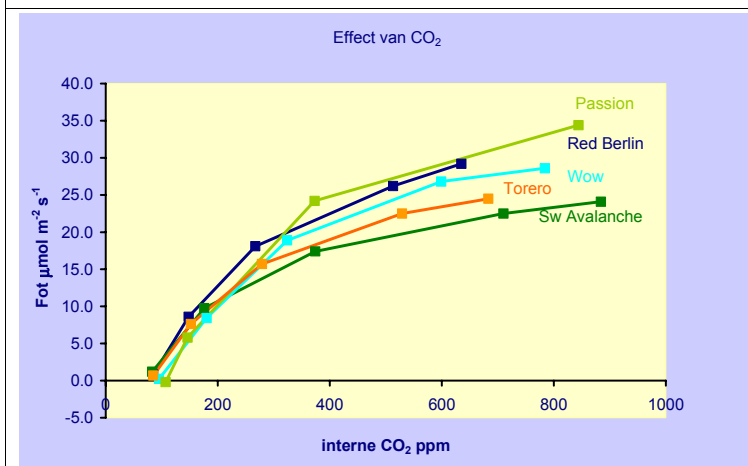


Fig. 15

Er is een aanzienlijke variatie tussen rassen. Passion reageert zeer goed op CO₂ en heeft ook een hoge Vcmax (zie tabel 4).

3.1.7 Rascorrelaties fotosynthese en opbrengst

Tabel 7 Correlatie matrix tussen opbrengst en fotosynthese parameters

	Jmax	Vcmax	Gs1 bij hoog VPDI	Gs2 bij laag VPDI	Opbrengst de ruiter oogst1	Opbrengst de ruiter oogst2	Opbrengst olij oogst1	Opbrengst olij oogst2
Jmax	1.00							
Vcmax	0.81	1.00						
Gs1	0.32	0.54	1.00					
Gs2	0.48	0.45	0.68	1.00				
de ruiter oogst1	0.47	0.32	0.52	0.64	1.00			
de ruiter oogst2	0.21	-0.03	0.42	0.64	0.71	1.00		
Olij oogst1	0.53	0.27	-0.14	0.38	0.29	-0.01	1.00	
olij oogst2	0.71	0.77	0.49	0.67	0.21	0.25	0.19	1.00

In bovenstaande tabel is de correlatie weergegeven voor de gemeten opbrengst (g vers/dag) en 4 source parameters: Jmax, Vcmax, de geleidbaarheid bij een VPD_i boven 0.9 (Gs1) en de

geleidbaarheid bij een VPD_i lager dan 0.9 (Gs_2). Uit analyses bij Olij blijkt dat, naast de huidmondjes, vooral de fotosynthese parameters V_{max} en J_{max} goed correleren met de opbrengst (0,71 en 0,77). Dit zijn beide parameters die het best tot hun recht komen als de huidmondjes geleidbaarheid hoog is. Bij De Ruiter bleek dat vooral de huidmondjes reactie goed correleert met opbrengst terwijl de correlatie met J_{max} en V_{max} geringer was. Wanneer de experimenten alleen bij de Ruiter zouden zijn gedaan zou de conclusie zijn geweest dat huidmondjes gedrag meer bepalend is voor de opbrengst dan fotosyntheseparameters. Nu blijkt dat het helemaal afhangt van de omstandigheden welke eigenschap het meeste bijdraagt aan een hoge opbrengst. Deze observatie geeft duidelijk aan dat een protocol ter bepaling van de opbrengstcapaciteit van rassen, gebaseerd dient te zijn op analyses onder verschillende condities. Dit wordt zeker duidelijk als de opbrengsten per ras op beide locaties worden vergeleken (Tabel 8). De correlaties voor de opbrengsten per ras in oogst 1 (0.29) en oogst2 (0.22) is verwaarloosbaar en we kunnen concluderen dat de effecten van omgevingsfactoren een grotere rol hebben gespeeld bij de productie dan de raseigenschappen.

Tabel 8 correlatie tussen locaties voor geoogste grondscheuten (oogst1) en de laterale zijscheuten (oogst2).

	De Ruiter oogst1	De Ruiter oogst2	Olij oogst1	Olij oogst2
De Ruiter oogst1	1.00			
De Ruiter oogst2	0.77	1.00		
Olij oogst1	0.29	0.02	1.00	
Olij oogst2	0.14	0.29	0.22	1.00

3.2 Sink componenten

Aan de andere kant van de balans die bepalend is voor de productiecapaciteit van de rassen, zijn een aantal sink-gerelateerde processen bestudeerd. Deze processen zijn van groot belang voor de uiteindelijke plantopbouw.

3.2.1 Metingen

- aantal takken per plant
- snelheid van uitlopen van grondscheuten
- uitgroeiduur van de laterale scheut in 2 fasen:
 - o bepaling tijdsduur en temperatuursom tot 1,5 cm scheut (t_1).
 - o t_2 tot oogststadium.
- taklengte van geoogst product.
- vers/drooggewicht van stengel, blad en bloem.
- bladoppervlak.

Daarnaast is onderzoek verricht naar de variatie tussen de rassen voor aantal indirect aan de sink gecorreleerde parameters:

- specifiek bladgewicht (SLW = gram blad per m^2 blad)
- specifieke stengeldikte (g/cm)

3.2.1.1 Stadia waarin metingen zijn verricht

Plantfase 1; primaire scheut. Deze loopt van planten t/m het inbuigen van de primaire scheut.

Plantfase 1; grondscheut. Deze loopt t/m de oogst van de grondscheuten (oogst1).

Plantfase 3; laterale scheut. Deze loopt t/m de oogst van de 1^e laterale scheuten (oogst2). De capaciteit om assimilaten te benutten in nieuwe groeiende delen beschouwen we als de "sink". De sink is genetisch bepaald maar wordt vooral door temperatuur en stuurlicht factoren 'getuned' (Maas et al., 1995; Marcelis-van Acker CAM), 1993; 1994 a,b,c). Het uitlopen van de ogen tot nieuwe scheuten is bij roos bepalend voor de architectuur van de plant en een belangrijke kwaliteitsbepalende eigenschap. Naast uitwendige omstandigheden, zoals temperatuur en lichtkwaliteit, zijn er diverse interne controles (Le Bris et al. 1998), die controle uitoefenen over de uitloop van nieuwe scheuten. De interne hormonale controle maakt deze uitloop tot een moeilijk te hanteren parameter. Vanwege het belang van deze parameter is een schatting van de genetische variatie voor deze eigenschap echter wel noodzakelijk.

3.2.2 Genetische variatie sink

In de bovengenoemde drie verschillende fases werd de genetische variatie voor de sink bestudeerd. We vonden in ons onderzoek zeer grote verschillen in de snelheid van scheutuitloop en in de temperatuurgevoeligheid van de scheutuitloop. Hoewel het programma voor de vorming van een scheut en een bloem al is voorgeprogrammeerd in de okselknop (oog), is er een grote invloed van omgevingsfactoren op de processen die plaatsvinden in de stengel tijdens de ontwikkeling tot bloem (De Vries, 1977; De Vries et al., 1982). Het aantal bladeren aan de bloemstengel neemt af bij een hogere temperatuur tijdens de aanleg van de okselknop, maar het aantal neemt toe met een toename van de lichtintensiteit en een hogere positie aan de tak Marcelis-van Acker; 1993;1994a,b).

3.2.2.1 Plantfase 1; primaire scheut

Onderstaande tabel geeft een indruk van de eerste fase in de plantontwikkeling. Er werd een telling uitgevoerd van het aantal ontwikkelde grondscheuten en een kwantificering van de opbouw (vorming van zijscheuten, totale lengte van de plant en lengte van de zijscheuten) van de primaire scheut. De metingen zijn uitgevoerd 32 dagen na planten en 2 dagen voor inbuigen. Opvallend zijn de hoge scores van Torero, El Toro, Passion en Wow. Dit zijn in principe rassen die snel sinks aanleggen i.t.t. Grand Prix, Red Berlin, Aqua en Akito. De snelheid van aanleg van sinks zowel van de grondscheuten als van de vorming van zijscheuten is snel en eenvoudig te scoren.

Tabel 9 Waarnemingen aan visuele primaire sink-karakteristieken van de primaire scheut

SINK								
	Grondscheuten (gemiddeld per plant)		zijscheuten (score 0 - 5)		Lengte min – max (totaal plant)		Lengte min – max (zijscheuten)	
ras	De Ruiter	Olij	De Ruiter	Olij	De Ruiter	Olij	De Ruiter	Olij
Akito	0	0,5	4	4	38-46	50-50	20-30	17-17
Aqua	0	0,1	3	3	45-60	43-56	18-27	21-21
Avalanche	0,5	0,7	5	3	50-60	46-60	25-33	19-21
Colandro	0,5	0,6	3	4	40-52	40-51	25-39	16-19
El Toro	0,5	1,6	3	3	42-58	40-56	20-30	20-28
Grand Prix	0	0	1	1	80-90	79-93	40-50	35-37
Passion	0,4	1,6	1	2	58-80	60-60	24-43	27-27
Red Berlin	0	0	1	2	65-80	54-65	37-48	24-29
Sw. Avalanche	0,6	0,8	5	4	45-57	56-77	26-30	25-36
Torero	0,6	1,8	1	2	40-44	36-48	17-20	17-20
Wow	0,9	1,5	5	4	50-80	55-55	26-38	28-28

Tabel 10 Rangnummers voor visueel vastgestelde sink karakteristieken van de primaire scheut (1=hoog; 11=laag)

ras	vorming grondscheuten	vorming zijscheuten	hoogte plant	lengte zijscheuten
Akito	9	4	6	10
Aqua	10	7	8	9
Avalanche	7	3	5	6
Colandro	6	5	11	7
El Toro	3	6	9	8
Grand Prix	11	11	1	1
Passion	4	8	3	3
Red Berlin	8	9	2	2
Sw. Avalanche	5	2	7	5
Torero	1	10	10	11
Wow	2	1	4	4

Er is geen significante correlatie aantoonbaar tussen het aantal waargenomen grondscheuten en de opbrengst van de geoogste takken van de eerste oogst. Het is daarom opmerkelijk dat de tweede oogst (de takken van de laterale scheuten) bij Olij wel een positieve correlatie ($r = 0.71$) laat zien met het waargenomen aantal grondscheuten. Bij de Ruiter was echter geen enkel verband tussen het aantal grondscheuten en de opbrengst. Het blijft dus discutabel of hier sprake is van een causale relatie. Gezien de beperkte proefopzet is het niet mogelijk om hier een eenduidige conclusie te trekken. Het belang van het aantal grondscheuten en hun ontwikkelingssnelheid zal nader onderzocht moeten worden. Mogelijk is er een beter verband te verwachten met de ontwikkeling van de laterale scheuten. De aanwijzingen daarvoor dienen echter verder te worden onderzocht. De best verklarende parameter voor de opbrengst van de grondscheuten was de planthoogte, 2 dagen voor inbuigen. Voor oogst 2 was deze correlatie echter geheel verdwenen.

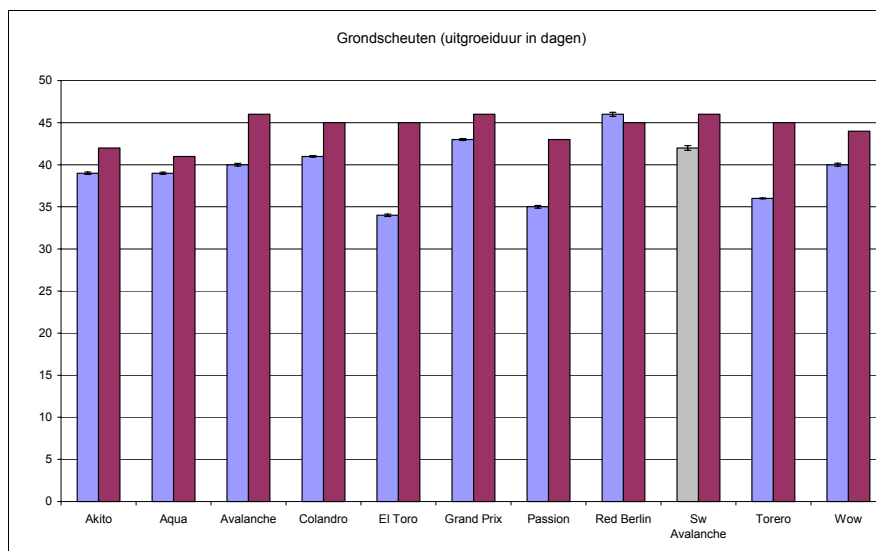
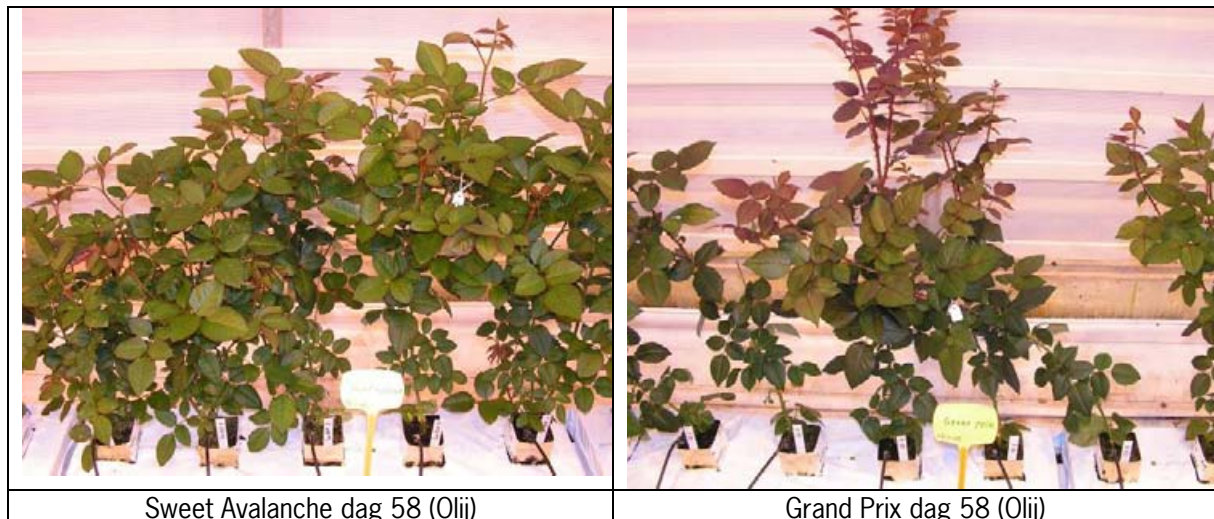


Fig. 17

Variatie in het aantal dagen tot oogst1 op beide locaties.

De uitgroeiduur van de grondscheut was positief gecorreleerd met de uitgroeiduur van de laterale scheut tot 1,5 cm ($r=0.68$). Blijkbaar is de uitgroeiduur tenminste gedeeltelijk genetisch bepaald, hoewel er ook grote effecten zijn te verwachten van omgevingsfactoren. Naast de vorming van grondscheuten waren verschillen in zijscheut vorming (1^e orde scheuten) het opmerkelijkst. Zie hieronder voor de 2 extremen.



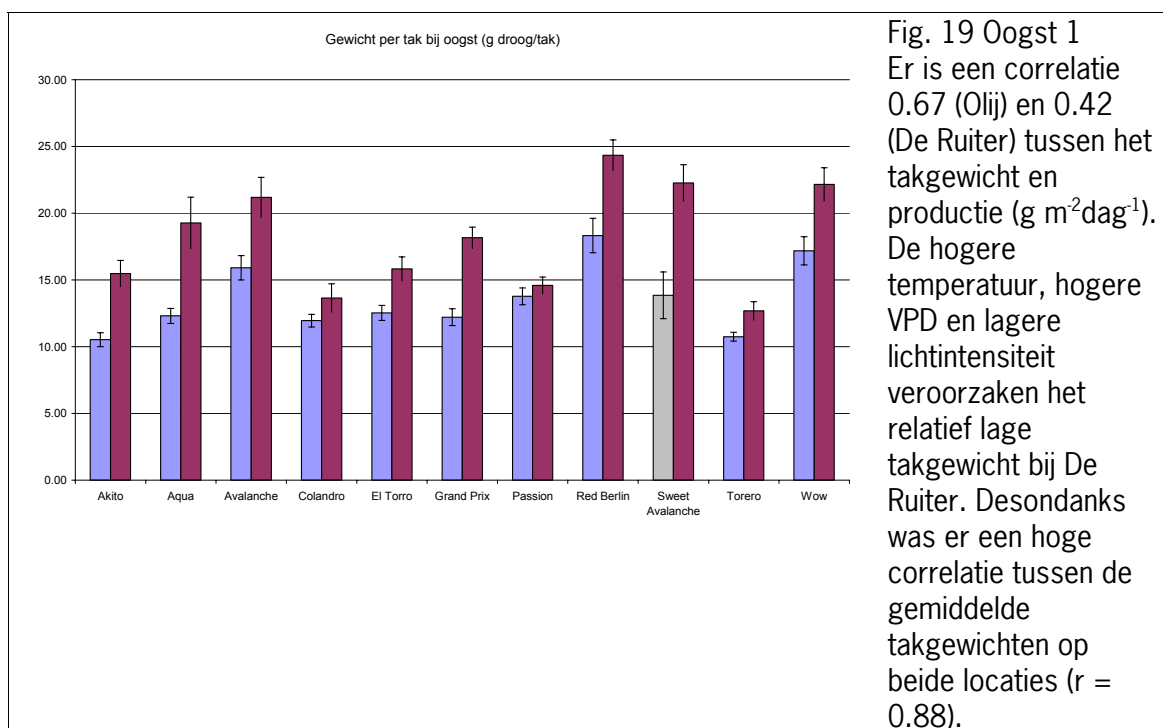
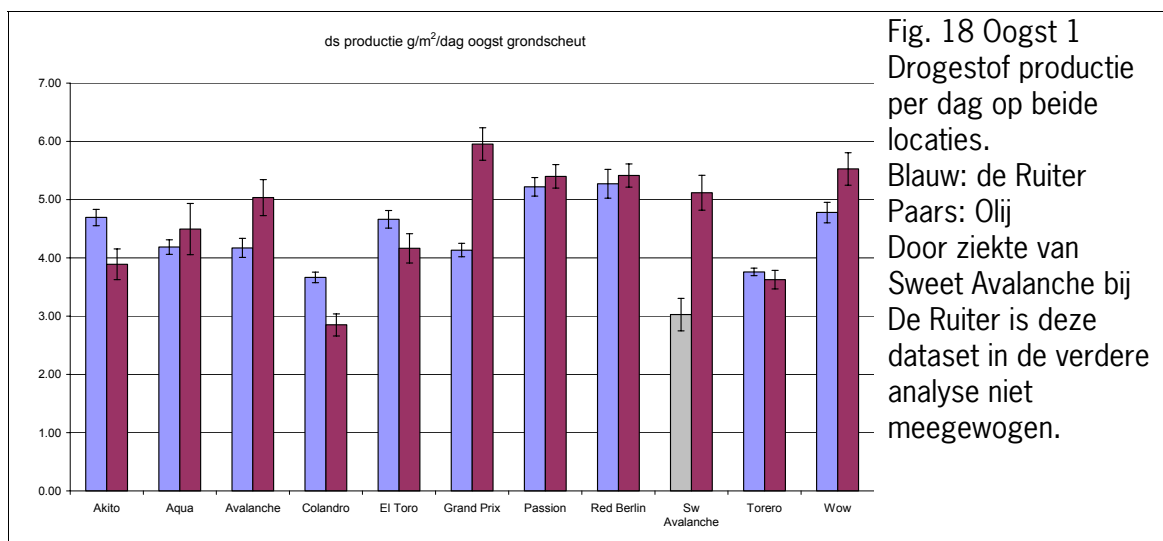
Het is duidelijk dat snel vertakkende rassen met veel initiële sinks, relatief kleine zijscheuten maken. Makkelijk uitlopende rassen, die op de primaire scheut weer zijscheuten maken, zoals Wow en Sweet Avalanche hebben het voordeel dat de snelle toename van de LAI een substantiële bijdrage levert aan de nieuwe source, want niet alleen de fotosynthese maar ook bladoppervlak draagt bij aan de source-component (Bozarth et al. 1982). Het is dan ook meerdere malen aangetoond dat de LAI van een gewas tijdens de teelt belangrijk is voor de productiviteit (Kool en de Koning, 1996).

Er was een licht positief verband tussen zijscheut vorming van de primaire scheut en de productie van de 1^e laterale scheuten (oogst 2) bij Olij. Een ras als Torero heeft een snelle sink ontwikkeling (vormt snel grondscheuten), en een hoge score voor de source capaciteit (J_{max} en V_{cmax}). Dit is dus een goede kandidaat voor een hoge productie. De hoogte van de plant en de lengte van de zijscheuten aan de primaire scheut blijven echter achter. Een goed beeld van de opbrengstcapaciteit van een ras vraagt dus in het protocol om waarnemingen aan tenminste 2 opeenvolgende cycli van scheutvorming.

3.2.2.2 Plantfase 2; grondscheuten

Onderstaande grafieken geven een overzicht van de resultaten van oogst 1 (de grondscheuten) per ras en locatie. De variatie tussen de rassen maar ook tussen locaties is erg groot.

Tabel 3 Waarnemingen aan grondscheuten



Het takgewicht van de grondscheuten is een conservatieve raseigenschap. Omgevingsfactoren hebben weliswaar een belangrijke invloed op de grootte van het takgewicht maar er is weinig interactie met de genetische eigenschappen en dat is gunstig voor een selectie criterium. Het individuele takgewicht zou een belangrijk en gemakkelijk te bepalen selectie criterium zijn. Zeker in combinatie met een intern standaardras biedt dit criterium goede mogelijkheden omdat de relatieve verschillen tussen rassen constant blijven in verschillende omgevingen.

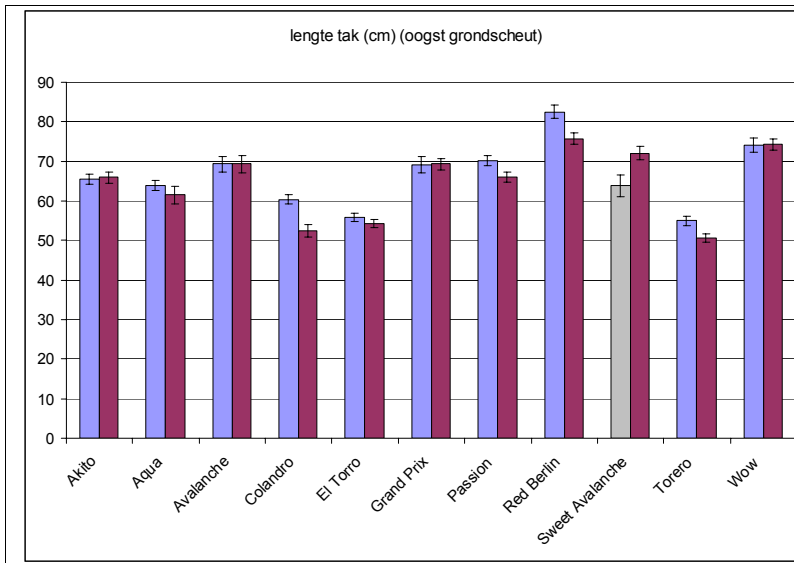


Fig. 20 Oogst 1

Gemiddelde taklengte per ras (van beide locaties). De taklengte is gemeten incl. bloem. De taklengte is evenals het takgewicht een conservatieve raseigenschap. De omgevingsfactoren hebben namelijk nauwelijks effect op de "ranking" van de rassen. De correlatie tussen beide locaties voor deze eigenschap was hoog ($r = 0.87$).

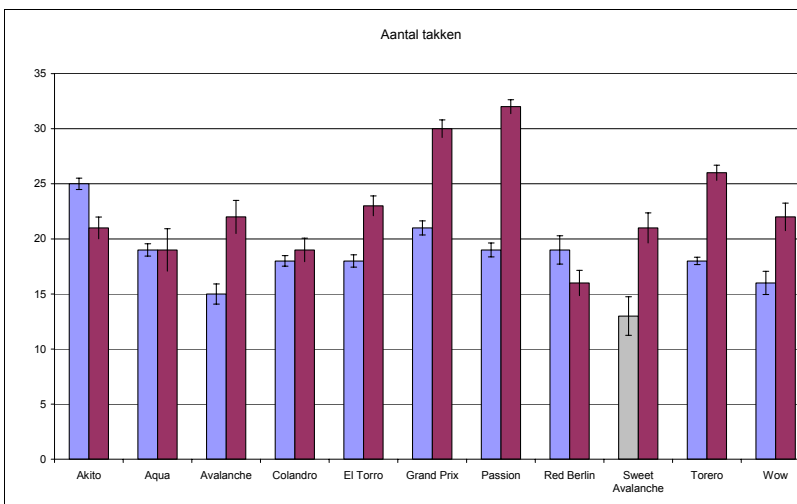


Fig. 21 Oogst1

Aantal geoogste takken op beide locaties (aantal planten per ras is 10 op elke locatie). Terwijl het individuele takgewicht nauwelijks interactie met omgevingsfactoren liet zien, was het aantal takken erg afhankelijk van de locatie. Er was geen enkele correlatie voor deze eigenschap tussen de locaties.

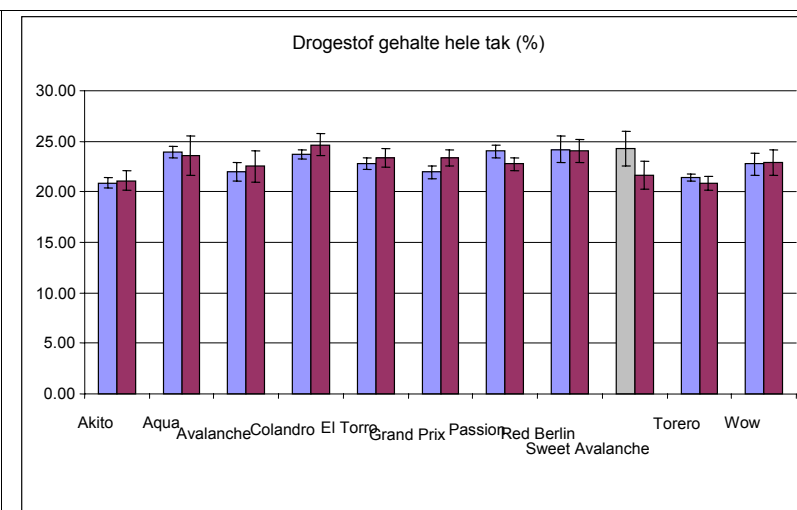


Fig. 22 Oogst 1

Droge stof % van de tak (incl. stengel, blad en bloem) per ras (van beide locaties).

Het drogestofgehalte varieert tussen 20 en 25% en is voornamelijk genetisch bepaald. Er was echter geen enkele correlatie met opbrengst.

3.2.2.3 Plantfase 3; 1^e laterale scheuten

Deze studie had betrekking op de sink activiteit en de productie van de laterale scheuten.

De rasverschillen in sink werking van de laterale scheuten zijn weergegeven in Tabel 11, waarbij t1 is gedefinieerd als de uitlooptijd (in dagen) tot een grootte van 1,5 cm. De parameter t2 is de uitgroei duur (dagen) van 1,5 cm tot oogstbare tak. Omdat de temperatuur van groot belang is op de uitgroei duur, zijn tevens de temperatuursommen in graaddagen (= aantal dagen * gemiddeld etmaal temperatuur) in de tabel opgenomen als Tsom t1 en Tsom t2.

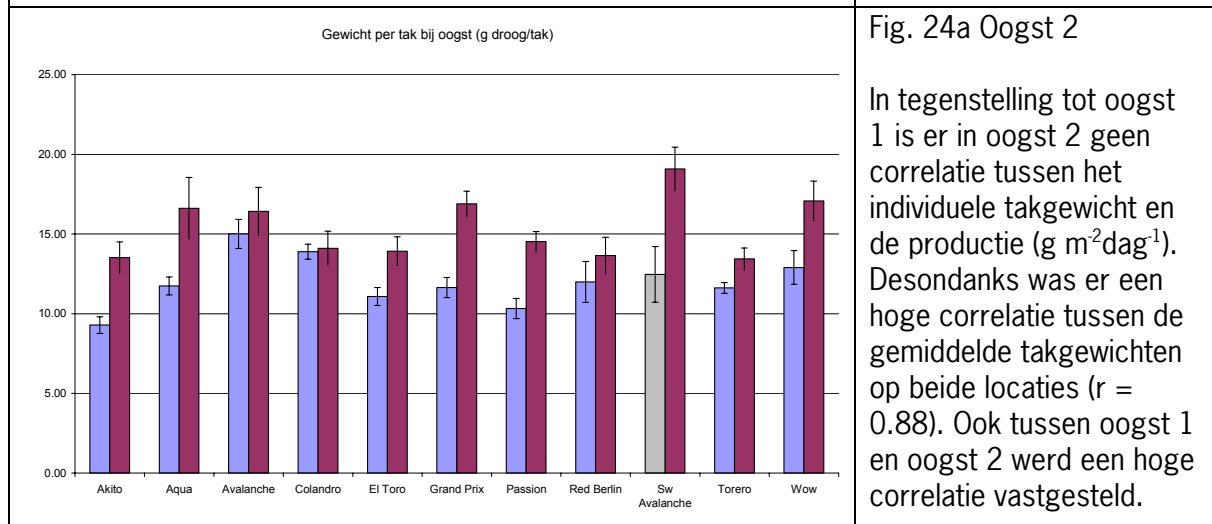
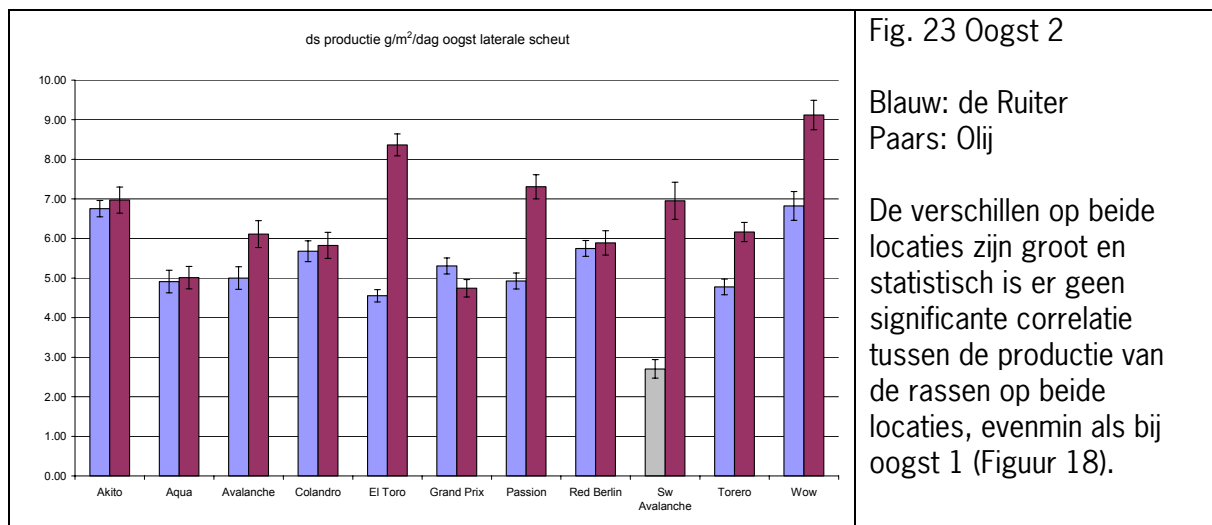
Tabel 11 Dagen en temperatuursom

ras	GEMIDDELDEN				SPREIDING (SE)			
	t1(d)	Tsom t1 (°C*d)	t2(d)	Tsom t2 (°C*d)	t1(d)	Tsom t1 (°C*d)	t2(d)	Tsom t2 (°C*d)
Akito	9.2	216	29.4	651	1.7	40	2.6	59
Aqua	10.1	235	29.6	654	2.3	54	2.3	56
Avalanche	8.4	195	34.3	764	2.8	64	4.3	99
Colandro	8.2	192	31.3	691	1.5	34	1.6	38
El Toro	7.9	185	29.3	655	1.7	40	2.1	51
Grand prix	11.8	271	29.8	661	2.4	54	2.2	53
Passion	9.9	232	29.6	655	2.2	51	2.0	48
Red Berlin	13.7	306	30.7	691	1.7	39	1.9	50
Sw Avalanche	12.7	292	32.0	709	1.6	39	2.3	51
Torero	7.2	169	29.1	645	1.8	43	1.7	39
Wow	7.5	175	31.0	685	1.8	41	2.0	48
Tot. gemiddelde	9.8	226	30.3	672	2.8	63	2.6	62

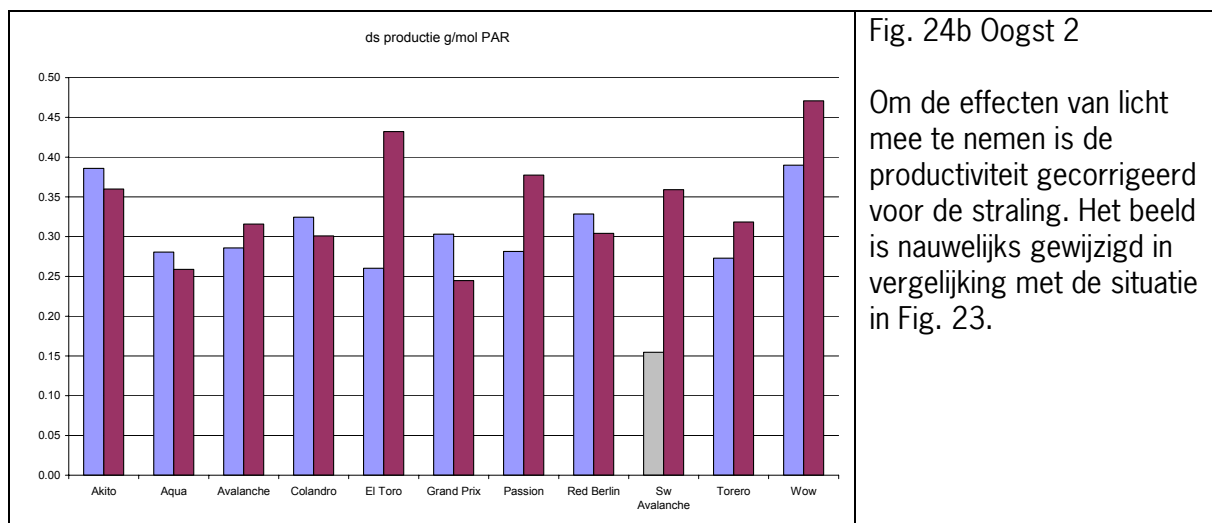
Uit de waarnemingen bleek dat rassen met veel grondscheuten, een relatief trage uitloop van de laterale scheuten (hoge waarde voor t1 en in mindere mate ook voor t2) lieten zien.

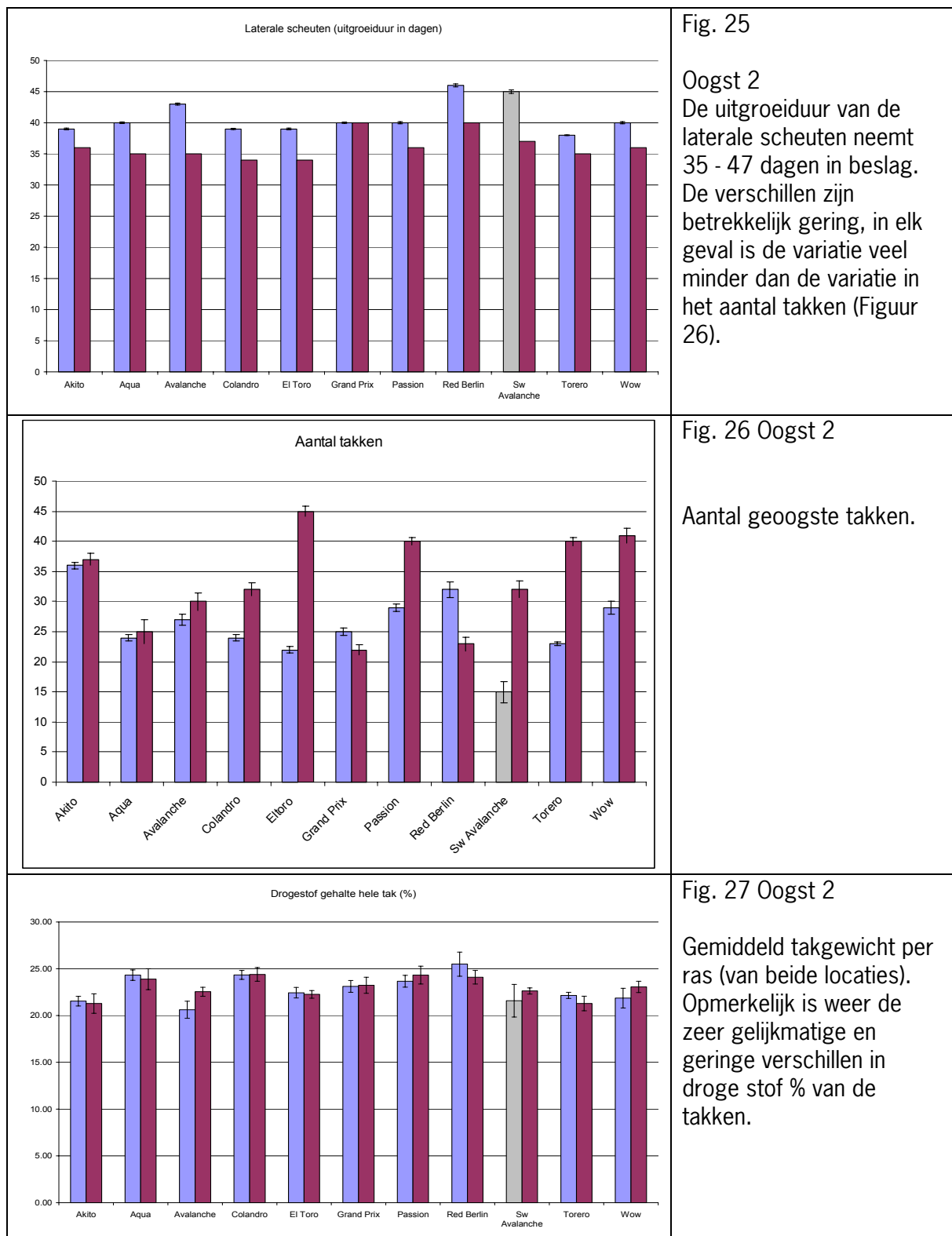
3.2.2.4 Productieparameters laterale scheut

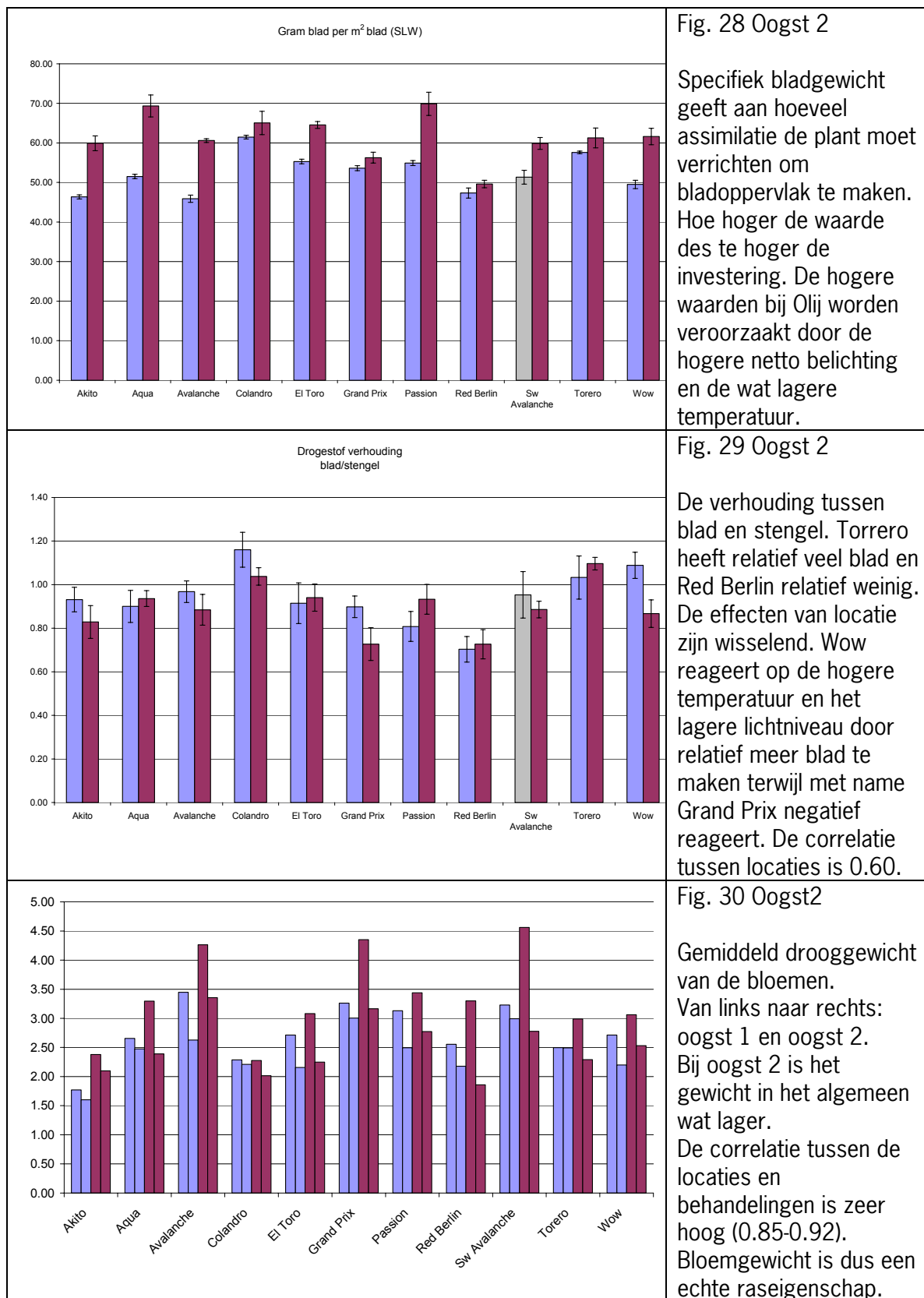
De verschillen op beide locaties zijn groot en statistisch is er geen significante correlatie tussen drogestof productie van de rassen op beide locaties. Passion, Wow, El Toro en Akito scoren hoog. In tegenstelling tot plantfase1, blijft Grand Prix achter. Grand Prix is dus blijkbaar een ras dat vooral bij lage lichtintensiteiten (oogst 1) zijn voorsprong opbouwt (Fig. 18).



Red Berlin was de grootste uitschieter, in die zin dat het takgewicht in oogst 2 veel lager was dan in oogst 1.







Samenvatting van de sink parameters in oogst 2

ras		versgewicht gram							
		taklengte (incl bloem)	tak totaal	stengel	blad	bloem	%ds tak	%ds stengel	%ds blad
De Ruiter	Akito	66.60	43.16	15.25	15.36	12.56	21.54	26.67	24.16
	Aqua	65.00	49.04	16.08	16.37	16.60	24.32	31.17	27.56
	Avalanche	63.40	48.44	13.37	14.53	20.54	20.61	28.54	24.58
	Colandro	61.40	56.64	17.62	23.70	15.32	24.34	28.52	27.79
	El Toro	58.00	49.57	16.69	16.49	16.38	22.44	28.22	26.14
	Grand Prix	65.40	49.91	16.37	14.40	19.13	23.12	28.03	27.60
	Passion	66.00	43.57	16.20	12.82	14.56	23.66	26.94	27.01
	Red Berlin	78.20	47.25	20.05	14.42	12.78	25.49	29.09	27.95
	Sw Avalanche	63.80	57.60	16.71	17.87	23.02	21.58	29.23	25.58
	Torero	56.60	52.45	16.49	17.61	18.36	22.16	27.27	26.52
	Wow	67.50	59.18	19.33	22.50	17.36	21.86	27.11	24.89
	Gemiddelde	65.00	63.57	23.74	20.35	19.48	21.28	26.65	25.33
Olij	Akito	62.00	68.35	26.42	23.58	18.35	23.89	28.80	27.60
	Avalanche	64.40	72.55	23.38	22.97	26.20	22.54	30.16	26.40
	Colandro	62.40	57.41	20.97	22.72	13.72	24.39	28.15	27.10
	El Toro	54.17	62.56	23.02	21.72	17.81	22.26	26.45	25.81
	Grand Prix	72.80	72.91	29.71	21.46	21.74	23.24	27.33	26.51
	Passion	65.20	60.02	24.00	19.49	16.53	24.32	27.06	28.48
	Red Berlin	74.40	56.46	26.28	18.88	11.30	24.09	26.88	25.33
	Sw Avalanche	66.80	83.77	33.69	28.26	21.82	22.63	28.40	25.79
	Torero	50.17	63.14	22.53	22.70	17.90	21.29	24.26	25.38
	Wow	68.60	73.74	28.42	26.31	19.02	23.06	27.54	25.64
	Gemiddelde	64.24	58.86	21.25	19.85	17.75	22.89	27.80	26.31
		%ds bloem	bladopp cm2	tak(g/cm)	SLW (g droog/m2)	blad/stengel (g/g)			
De Ruiter	Akito	12.74	795.20	0.65	46.35	0.93			
	Aqua	15.10	865.60	0.74	51.51	0.90			
	Avalanche	12.75	780.00	0.76	45.88	0.97			
	Colandro	14.46	1065.80	0.92	61.46	1.16			
	El Toro	13.16	767.80	0.85	55.30	0.91			
	Grand Prix	15.73	743.60	0.76	53.63	0.90			
	Passion	17.18	634.40	0.67	54.91	0.81			
	Red Berlin	17.35	845.60	0.60	47.34	0.70			
	Sw Avalanche	13.05	888.40	0.90	51.35	0.95			
	Torero	13.57	806.00	0.93	57.59	1.03			
	Wow	12.72	1118.33	0.87	49.52	1.09			
	Gemiddelde	13.80	863.00	0.98	59.92	0.83			
Olij	Akito	13.25	928.83	1.09	69.35	0.94			
	Avalanche	12.89	1012.40	1.12	60.59	0.88			
	Colandro	14.64	923.20	0.91	65.05	1.04			
	El Toro	12.73	858.00	1.15	64.55	0.94			
	Grand Prix	14.94	1011.60	1.00	56.27	0.73			
	Passion	16.79	777.20	0.90	69.90	0.93			
	Red Berlin	16.53	968.00	0.75	49.62	0.73			
	Sw Avalanche	12.83	1168.20	1.19	59.88	0.89			
	Torero	12.82	967.50	1.26	61.26	1.10			
	Wow	13.30	1089.40	1.06	61.62	0.87			
	Gemiddelde	14.02	905.82	0.92	57.10	0.92			

4 Conclusies

Is het mogelijk om op basis van deelprocessen een schatting te maken van de productiviteit van (nieuwe) rozenrassen of nieuwe kruisingsouders? Zo ja, welke sleutelparameters zijn essentieel om in een vroeg stadium de productiviteit van een rozenras te kunnen inschatten? Dat waren de kernvragen van het hier beschreven onderzoek. Om in een later stadium modelberekeningen te kunnen verrichten waarmee de effecten van de parameters kunnen worden uitgerekend, is een modulair sink source model opgezet. In dit model leveren de processen van de source de assimilaten voor de groei en productie en de processen van de sink het benutten van deze assimilaten in groeiende plantdelen. De source processen zijn voornamelijk lichtafhankelijk en de sink processen zijn voornamelijk temperatuurafhankelijk. De resultaten van het onderzoek zijn in tabel 12 samengevat. Voor een uitgebreidere discussie verwijzen we graag naar het volledige verslag.

Om als sleutelparameter in aanmerking te komen zijn er 2 belangrijke voorwaarden te vervullen. Ten eerste moet het proces in belangrijke mate bijdragen aan de productie en ten tweede mag de interactie tussen omgeving en erfelijke factoren niet al te groot zijn. Met ander woorden: de prestatie volgorde van de onderzochte rassen, m.b.t. het onderzochte proces, mag niet totaal anders worden als de omgevingscondities veranderen. Als dat wel het geval is dan dient het betreffende proces verder te worden opgesplitst om de onderliggende genetische componenten eruit te lichten. We zijn erin geslaagd om een aantal processen te identificeren die aan deze voorwaarden voldoen.

4.1 Sleutelparameters source

Opvallend in onderstaande lijst van kandidaat parameters (tabel 12) is de relatief grote bijdrage van source parameters, gekoppeld aan fotosyntheseprocessen. Dit is opvallend omdat er in het praktijkonderzoek tot dusver weinig aandacht is besteed aan de genetische variatie van de fotosynthese. De gangbare opinie is dat de variatie van fotosyntheseprocessen tussen rassen van ondergeschikt belang zijn. Ook in een recent verschenen wetenschappelijk rapport (Bot et al., 2004) wordt er vanuit gegaan dat de variatie voor fotosynthesekarakteristieken tussen rassen verwaarloosbaar is. Deze veelgehoorde opinie wordt echter niet door onderzoek gestaafd en metingen van Plant Dynamics, bij andere soorten kasgewassen, laten zien dat er zeker een grote variatie bestaat tussen rassen onder diverse omgevingscondities. Uit het hier beschreven onderzoek blijkt ook bij roos een grote variatie in fotosynthese eigenschappen te bestaan en bovendien blijkt de aangetoonde variatie van groot belang voor de opbrengst te zijn. Bij relatief laag licht (tot 250 $\mu\text{mol PAR}$) is de rasvariatie betrekkelijk gering (α in tabel 12) en daardoor moeilijk vast te stellen (Sevelius et al., 2001). Het rasverschil tussen de beste en de slechtste cultivar is 30% en dat is in de donkere periode van het jaar met hoge veilingprijzen niet te verwaarlozen. De variatie bij laag licht is kleiner dan bij hogere lichtintensiteiten. Vooral de maximale capaciteit om lichtenergie vast te leggen in de bladgroenkorrels (J_{max}) laat een grote rasvariatie zien. De capaciteit om CO_2 vast te leggen (V_{cmax}) varieert minder maar binnen de rassen is nog altijd een 60% verschil gemeten tussen de hoogste en de laagste waarde. De rasvariatie in de fotosynthese parameters J_{max} en V_{cmax} is nauw gecorreleerd met de opbrengst, mits het dampdruk deficit van het blad laag genoeg is (Tabel 12). In situaties dat het dampdruk deficit van het blad oploopt, door een lage RV of een hoge bladtemperatuur, sluiten de huidmondjes en in dat geval komen de raseigenschappen J_{max} en V_{cmax} niet meer uit de verf. In

die situatie wordt de opname van CO₂ door de huidmondjes namelijk een beperkende factor. Uit onze studie blijkt de rasvariatie voor de huidmondjesopening (Gs) erg groot te zijn. Uiteraard spelen wisselingen in andere factoren dan RV en bladtemperatuur hier doorheen en het is niet uitgesloten dat de voorgeschiedenis van de plant hier ook een gedeeltelijke rol in speelt. Desondanks werd al snel duidelijk dat de rasverschillen voor Gs erg groot zijn, zowel bij een hoge VPD_i als bij een lage VPD_i. Het is echter nog niet duidelijk welke rol de voorgeschiedenis van de planten hierin speelt. Het belang van de rasvariatie wordt geïllustreerd door de observatie dat onder relatief droge omstandigheden, de rasvariatie van de huidmondjes een belangrijkere rol gaat spelen dan die van de raseigenschappen J_{max} en V_{cmax}. Onder optimale omstandigheden is dat precies omgekeerd.

Eigenschap source				
Eigenschap	Rasvariatie Laagste-hoogste	Gemiddelde	Correlatie met productie ^{b)}	Bruikbaarheid voor paspoort
α ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ^{a)}	9.8 - 12.8	11.8	0.72	++
J _{max} ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	72 - 192	157	0.71	++
V _{cmax} ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	48 - 78	61	0.77	++
Gs hoog VPD _i	0.055 - 0.141	0.099	0.64	++
Gs laag VPD _i	0.080 - 0.263	0.133	0.52	++
Blad oppervlak/plant	634 - 1168	905	0.44/0.30 ^{c)}	- +
SLW	46 - 69	57	- 0.24 ^{d)}	-
Chlorofyl gehalte blad mmol m ⁻² blad	0.55 - 0.74	0.63	-0.15	--
Eigenschap sink				
Aantal grondscheuten	0 - 1.8	0.4	-0.074 ^{e)}	onzeker
Uitloopduur laterale scheut tot 1,5 cm	8.2 - 13.7	9.7	-0.40 ^{f)}	- +
Uitloop duur van laterale scheut van 1,5 cm tot bloei	29.1 - 34.3	30.5	-0.35	- +
Aantal takken/plant	13 - 32/15-45 ^{*)}	20/29.7 ^{*)}	0.76/0.86 ^{*)}	++
Takgewicht vers	43.1 - 83.2	59.1	0.13	-
% drogestof hele tak	10.8 - 17.4	14.0	0.20	-
Blad/stengel ratio			0.13	--
Bloem vers	11.3 - 26.2	17.8	0.1	--
% drogestof bloem	10.8 - 17.3	14.0	-0.68/-0.23 ^{*)}	- +

Tabel 12

- a) α is de fotosynthese efficiëntie bij 250 $\mu\text{mol PAR}$. Dit is het punt waar bij roos gemiddeld genomen de fotosynthese licht response curve gaat afbuigen.
- b) Als maat voor de productie is hier versgewicht toename per dag genomen.
- c) Linker cijfer is gemeten voor oogst 1 het rechter cijfer voor oogst 2.
- d) Een hoge waarde voor SLW betekent dat de bladeren relatief dik zijn. Dit is positief gecorreleerd met een lange uitgroeiduur en daardoor negatief met productie.
- e) De variatie tussen de rassen was betrekkelijk gering. Bij de Ruiter was wel een positieve correlatie met oogst 1. Deze eigenschap dient verder te worden bestudeerd.
- f) Zwakke correlatie met uitloopduur van laterale scheuten. Een negatieve correlatie betekent dat een snelle uitloop positief is voor de productiviteit. Dit gold alleen voor oogst 2.
- *) Linker cijfer op locatie 1 (De Ruiter), rechter cijfer locatie 2 (Olij).

Niet alleen de bladfotosynthese maar ook het bladoppervlak draagt bij aan de source processen (Bozarth et al. 1982). Ook voor deze eigenschap is de variatie groot maar hij droeg verrassend genoeg niet bij aan een verklaring voor de variatie in opbrengst. In tegenspraak met deze observatie kwam in een recente studie aan een groot aantal lijnen (Yan et al., 2004) het bladoppervlak juist als een belangrijke factor voor groeikracht naar voren. In hun modelsysteem werd slechts 1 enkele tak aangehouden, terwijl onze analyses betrekking hadden op planten die volgens de normale praktijk werden geteeld met meerdere takken. Door de hoge correlatie tussen bladoppervlak en takgewicht (0.77), die ook wij constateerden, zal in een modelsysteem met 1 uitgroeiende tak, uiteraard dezelfde correlatie gelden voor bladoppervlak versus opbrengst als voor bladoppervlak versus takgewicht. Immers er was maar 1 uitgroeiende tak. In onze experimenten met meerdere takken blijkt die correlatie met opbrengst echter geheel verdwenen en is juist het aantal takken de bepalende sink factor. De waarneming dat het bladoppervlak een echte raseigenschap is vanwege de geringe effecten van omgevingsfactoren op de rasvolgorde (Tabel 13), was echter wel in overeenstemming met bevindingen van Yan et al.

Een laatste source factor is het chlorofylgehalte van de bladeren. Deze raseigenschap heeft een geringe interactie met omgevingsfactoren, wat gunstig is, maar er is echter geen enkel verband met alle bestudeerde fotosynthese parameters, noch met de opbrengst. Hoe groen de bladeren van een blad er gemiddeld uitzien zegt dus helemaal niets over de fotosynthese van het ras.

In dit onderzoek is de assimilaten voorziening gelijkgesteld aan de fotosynthese. De opslag en remobilisatie van reserve koolhydraten uit de wortel en de stengel is niet in beschouwing genomen. Remobilisatie van reserves is echter een proces dat niet geheel mag worden verwaarloosd. Dit komt vooral naar voren in situaties waarbij op snede geteeld werd en de hergroei van nieuwe scheuten niet ondersteund kan worden door fotosynthetisch actieve bladeren. In dat geval is de hoeveelheid opgeslagen reserves van cruciaal belang voor de snelheid van hergroei. Het belang van deze raseigenschap behoeft verder onderzoek.

4.2 Sleutelparameters sink

Uit het onderzoek komen slechts enkele sink parameters die essentieel bijdragen aan de opbrengstcapaciteit en die stabiel zijn met betrekking tot de omgeving (Tabel 13).

De uitgangssituatie van de sinksterkte in een nieuwe teelt wordt geschetst door het aantal grondscheuten en de snelheid van uitloop van die grondscheuten. De variatie in het aantal grondscheuten was in dit onderzoek, met enkel commerciële rassen, betrekkelijk gering. Bij de Ruiter was er een geringe positieve correlatie tussen het aantal, grondscheuten en de opbrengst ($r=0.4$) van oogst 1. Bij Olij is die correlatie afwezig. Vanwege de geringe variatie en de betrekkelijk korte tijd van observatie, trekken we een voorlopige conclusie waarin het aantal grondscheuten als sleutelparameter het predicaat 'verder te onderzoeken' krijgt.

Overigens was de correlatie tussen de locaties hoog (0.77) zie Tabel 13, wat erop wijst dat we het aantal grondscheuten een echt raskenmerk is. Een reden temeer om hier verder onderzoek aan te doen.

De uitloop van ogen (okselsknoppen) is een erfelijke eigenschap die van zeer groot belang wordt geacht voor het aantal nieuwe scheuten en dus zoals uit dit onderzoek blijkt de uiteindelijke productie. De snelheid van uitlopen, nadat de remming is opgeheven, is nauwelijks afhankelijk van het assimilaten gehalte (Zieslin en Mor 1989; Marcelis-Van Acker 1994), en de temperatuur speelt een belangrijke rol bij de uitloop. Een echte sink functie dus, hoewel de hoeveelheid

opgeslagen reserves ook een rol zal spelen. Het aantal blad primordia in het oog neemt met een toename van de temperatuur een klein beetje af, ondanks het feit dat de aanleg van de bladeren door de hogere temperatuur wordt versneld. Een hogere temperatuur geeft daardoor een geringer aantal bladeren aan de stengel op het moment dat de bloem geoogst wordt (Marcelis-Van Acker 1994). Hoger geplaatste ogen groeien sneller uit. Hoge luchtvochtigheid stimuleert de uitloop, een lage luchtvochtigheid vertraagt de uitloop.

We vonden relatief geringe verschillen in tijdsduur van uitloop (tot een lengte van 1,5 cm, t1) en de verdere uitloopduur van de scheut tot eindgrootte waarop de tak geoogst wordt (t2). Er is geen relatie tussen takgewicht en opbrengst. Takgewicht is wel een echte raseigenschap, wat blijkt uit de goede correlatie tussen beide locaties ($r = 0.87$, tabel 13), wat ook geldt voor de lengte van de geoogste takken. De lengtegroei van een tak is echter sterk afhankelijk van condities tijdens de uitgroei. Met ander woorden de omgeving heeft een groot effect op de lengtegroei maar er is geen interactie met de raseigenschappen waardoor de rangorde van de rassen hetzelfde blijft. De reden voor de afwezigheid van enige correlatie van lengtegroei/takgewicht met opbrengst ligt waarschijnlijk in het feit dat er complexe terugkoppelingen zijn tussen de takgewicht en het aantal uitgroeiende scheuten. Een tweede scheut remt immers de assimilatievoorziening, en daarmee de groei van de eerste scheut, en omgekeerd. De eerste scheut heeft dan prioriteit. In overeenstemming met deze redenering zien we dan ook een goede correlatie tussen opbrengst en het aantal takken dat uitgroeit ($r = 0.76 - 0.86$). Helaas blijkt deze eigenschap juist erg afhankelijk te zijn van omgevingsfactoren en was er geen correlatie tussen het aantal takken op beide locaties. Waarschijnlijk wordt het aantal takken ook gestuurd door het assimilatenaanbod (Ryan en Erwin, 2005). Dit kan een verklaring zijn voor de geringe genetische stabiliteit van deze eigenschap. Het feit dat het aantal takken geen stabiele genetische factor is veroorzaakt eigenlijk ook dat de correlaties tussen de opbrengstgegevens voor beide locaties en voor beide oogsten zeer laag zijn.

Tabel 13 Het verband tussen de rasseneigenschappen op beide locaties. Een hoge waarde geeft aan dat we te maken hebben met een typische raseigenschap. Een lage waarde geeft aan dat de eigenschap vooral door omgevingsfactoren wordt bepaald.

Correlatie (r) tussen locaties		
Gemiddeld microklimaat Olij in vergelijking met De ruiter. 20 % meer licht 0.3 graden koeler 0.11 kPa lagere VPD		
	Oogst 1	Oogst 2
Oogstgewicht vers	0.29	0.29
Ds productie g/m ²	0.34	0.15
Chlorofyl gehalte blad mmol m ⁻² blad	-	0.83
Blad oppervlak/plant	0.82	0.51
SLW	-	0.44
Taklengte	0.87	0.87
Aantal grondscheuten	0.77	-
Uitgroeisnelheid laterale scheut van 1,5 cm tot bloei	0.31	0.55
Aantal takken/plant	0.14	0
Ds takgewicht	0.82	0.86
% drogestof hele tak	0.57	0.76
Blad/stengel ratio	0.90	0.60
Ds bloem	0.90	0.72
% drogestof bloem	0.83	0.90

Eigenschappen waarbij de verschillen tussen rassen weinig beïnvloed werd door de locatie waren: taklengte, gemiddeld takgewicht/cm, blad/stengel ratio, specifiek bladgewicht en drogestofgehalte bloem.

Eigenschappen waarbij de verschillen tussen de rassen sterk beïnvloed werd door de locatie waren: aantal takken per plant, uitloopsnelheid van ogen, huidmondjes geleidbaarheid en fotosynthese. De laatste categorie omvat tevens de eigenschappen die het best correleerden met de opbrengst.

Op basis van de resultaten gaan we ervan uit dat het meetprotocol gericht dient te zijn op:

- 1 Fotosynthese karakteristieken van de bladeren met bijzondere aandacht voor de huidmondjesregulatie in afhankelijkheid van VPD_l .
- 2 Uitloopsnelheid laterale scheuten.
- 3 Aantal grondscheuten.
- 4 Aantal takken.

Alle andere parameters vallen af vanwege de betrekkelijk geringe bijdrage aan het oogstgewicht of de grote interactie tussen de genetische component en de omgeving. Dit laatste geldt in zekere zin ook voor de geselecteerde sleutelparameter "Uitloopsnelheid laterale scheuten". Er zal daarom een modeltoets ontwikkeld moeten worden om de uitloopsnelheid in verschillende stadia van dominantie door andere uitgroeiende takken te toetsen. Een belangrijke overweging bij de ontwikkeling van een dergelijke toets is de interactie tussen source en sink processen die voor deze parameter van groot belang zijn. Waarschijnlijk wordt de uitloopsnelheid van de ogen deels voorgeprogrammeerd door lichtcondities eerder in de teelt. In modelsystemen bij *Arabidopsis* zijn dit soort terugkoppelingen aangetoond. (Warner en Erwin, 2005).

Een belangrijke kanttekening bij de studie naar fotosynthese eigenschappen is het belang van een studie in samenhang met omgevingsfactoren. In onze optiek is de relatie tussen het dampdruk deficit van het blad (VPD_l) en de fotosynthese van groot belang. Niet alleen in de zin van momentane effecten maar ook in relatie tot de geaccumuleerde stress (lange tijd een hoog VPD_l). Het is opmerkelijk dat bij de rozenteelt zeer veel aandacht wordt besteed om de fotosynthese zo hoog mogelijk te krijgen (bijbelichting, hoog CO_2) koelen in de zomer en dat er desondanks weinig aandacht is voor de rasseneigenschappen die de respons bepalen. Te vaak wordt nog gedacht dat de productiviteit van een ras bepaald wordt door sink kwaliteiten en dat er nauwelijks variatie is voor de fotosynthese. In deze studie hebben we aangetoond dat deze gedachtegang moet worden bijgesteld.

5 Referenties

- Aikin, W.J. and Hanan, J.J., 1975. Photosynthesis in the rose; effect of light intensity, water potential and leafage. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 100: 551-553
- Ballaré C.L., Sánchez R.A., Scopel A.L., Casal J.J. and Ghera C.M. (1987). Early detection of neighbour plants by phytochrome perception of spectral changes in reflected sunlight. *Plant, Cell and Environment* 10: 551-557.
- Beeson, R.C.-Jr. Ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase activities in leaves of greenhouse roses. *J-Exp-Bot.* 1990. v. 41(222) p. 59-65.
- Blom-Zandstra-Margaretha, Sander-Pot-C, Maas-Frank-M, Schapendonk-Ad-H-C-M Effects of different light treatments on the nocturnal transpiration and dynamics of stomatal closure of two rose cultivars. *Scientia-Horticulturae-Amsterdam.* 1995, 61 (3-4) 251-262.
- Bot, Gerard, Anja Dieleman. Sjaak van Heusden, Ep Heuvelink, Pim Lindhout, Leo Marcelis, André Smaal, 2004. Visie op de rol van veredelingsonderzoek in de ontwikkeling van nieuwe rassen voor veranderende kasomstandigheden. Rapport Wageningen-UR
- Bozarth, C.S., Kennedy, R.A. and Schekel, K.A., 1982. The effects of leafage on photosynthesis in rose. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 107: 707-712.
- Bredmose-Niels-B Biological efficiency of supplementary lighting on cut roses the year round. *Scientia-Horticulturae-Amsterdam.* 1994, 59 (1) 75-82.
- Bredmose-Niels-B Growth, flowering, and postharvest performance of single-stemmed rose (*Rosa hybrida* L.) plants in response to light quantum integral and plant population density. *Journal-of-the-American-Society-for-Horticultural-Science.* 1998, 123 (4) 569-576.
- Bredmose-Niels-B Light quantum integral and plant density affects bud and shoot growth, fresh biomass production and bloom quality in single-stemmed roses. *Acta-hortic.* Leuven, Belgium : International Society for Horticultural Science. Apr 2000. (515) p. 105-109.
- Byrne, T.G. and Doss, R.P., 1981. Development time of 'Cara Mia' rose shoots as influenced by pruning position and parent shoot diameter. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 106: 98-100.
- Carpenter, W.J. and Anderson, G.A., 1972. High intensity supplementary lighting increases yields of greenhouse roses. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 97:331-334.
- Cockshull, K.E. and Horridge, J.S., 1977. Apical dominance and flower initiation in the rose. *J. Hortic. Sci.*, 52: 421-427.
- De Vries, D.P. and Smeets, L., 1978a. Hybrid tea-roses under controlled light conditions. 1. The effect of the level of irradiance on the growth and development of seedlings. *Neth. J. Agric. Sci.*, 26:119-127.
- De Vries, D.P. and Smeets, L., 1978b. Hybrid tea-roses under controlled light conditions. 2. Flowering of seedlings as dependent on the level of irradiance. *Neth. J. Agric. Sci.*, 26: 128-132.

- De Vries, D.P., 1977. Shoot production in cut roses with reference to breeding for winter flowering. *Euphytica*, 26: 85-88.
- De Vries, D.P., Kuyper, E.P.M. de and Dubois, L.M., 1981. Anatomy of flower differentiation and abortion, in relation to the growth and development of hybrid tea rose seedlings. *Scientia Hort.*, 14: 377-385.
- De Vries, D.P., Smeets, L. and Dubois, L.A.M., 1982. Interaction of temperature and light on growth and development of hybrid tea-rose seedlings, with reference to breeding for low energy requirements. *Scientia Hort.*, 17: 377-382.
- De Vries, D.P., Smeets, L. and Dubois, L.A.M., 1982. Interaction of temperature and light on growth and development of hybrid tea-rose seedlings, with reference to breeding for lowenergy requirements. *Scientia Hort.*, 17: 377-382.
- Gislerod, H.R., Fjeld, T., Mortensen, L.M. The effect of supplementary light and electrical conductivity on growth and quality of cut roses. *Acta-hortic.* Wageningen : International Society for Horticultural Science. June 1993. (342) p. 51-60.
- Gonzalez-Real, M.M., A. Baille (2000) Changes in leaf photosynthetic parameters with leaf position and nitrogen content within a rose plant canopy (*Rosa hybrida*) *Plant, Cell & Environment* 23 (4), 351–363.
- Jiao, J., Tsujita, M.J. and Grodzinski, B., 1988. Predicting growth of Samantha roses at different light, temperature and CO₂ -levels based on net carbon exchange. *Acta Hort.*, 230: 435-442.
- Jiao, J., Gilmour, M., Tsujita, M.J., Grodzinski, B. Photosynthesis and carbon partitioning in Samantha roses. *Can-J-Plant-Sci-Rev-Can-Phytotechnie.* Ottawa : Agricultural Institute of Canada. Apr 1989. v. 69 (2) p. 577-584.
- Kool, M.T.N. and de Koning, J.C.M. 1996. Analysis of rose crop production. *Acta Hort.* (ISHS) 424:79-86.
- Maas F.M., Bakx E.J. (1995b). Effects of light on growth and flowering of *Rosa hybrida* 'Mercedes'. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 20: 571-576.
- Marcelis-van Acker CAM, Leutscher KJ. 1993. Effect of type of cutting on heterogeneity and growth of *Rosa hybrida* cv. 'Motrea' and *Scheçera arboricola* cv. 'Compacta'. *Scientia Horticulturae* 54: 59-67.
- Marcelis-van Acker CAM. 1993. Morphological study of the formation and development of basal shoots in roses. *Scientia Horticulturae* 54: 143-152.
- Marcelis-van Acker CAM. 1994a. Axillary bud development in rose. PhD Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Marcelis-van Acker CAM. 1994b. Development and growth potential of axillary buds in roses as affected by bud age. *Annals of Botany* 74: 437-443.
- Marcelis-van Acker CAM. 1994c. Effect of assimilate supply on development and growth potential of axillary buds in roses. *Annals of Botany* 53: 415-420.
- McLaren J.S. & Smith H. (1978). Phytochrome control of the growth and development of *Rumex obtusifolius* under simulated canopy light environments. *Plant, Cell and Environment* 1: 61-67.

- Moe, R., 1972. Effect of daylength, light intensity and temperature on growth and flowering in roses. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 97(6): 796-800.
- Moe, R. Growth and flowering in roses. *Acta-Hortic* 1988. (218) p. 121-130.
- Mortensen-L-M, Gislerod-H-R Effects of summer lighting, plant density, and pruning method on yield and quality of greenhouse roses. *Gartenbauwissenschaft*. 1994, 59 (6) 275-279.
- Mortensen-L-M., Gislerod-H-R., Mikkelsen-H Effects of different levels of supplementary lighting on the year-round yield of cut roses. *Gartenbauwissenschaft*. 1992b, 57 (4) 198-202.
- Mortensen-L-M., Gislerod-H-R., Mikkelsen-H. Maximizing the yield of greenhouse roses with respect to artificial lighting. *Norwegian-Journal-of-Agricultural-Sciences*. 1992a, 6 (1): 27-34.
- Pasian, C.C. and Lieth J.H., 1989. Analysis of the response of net photosynthesis of rose leaves of varying ages to photosynthetically active radiation and temperature. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 114: 581-586.
- Roberts, G.L., Tsujita, M.J., Dansereau, B., 1993 Supplemental light quality affects budbreak, yield, and vase life of cut roses. 28 (6) p. 621-622.
- Schapendonk, A.H.C.M. and P. Brouwer, 1984a. Fruit growth of cucumber in relation to assimilate supply and sink activity. *Scientia Hort.* 23: 21-33.
- Schapendonk, A.H.C.M., W. Stol, D.W.G. van Kraalingen and B.A.M. Bouman, 1998. LINGRA, a sink/source model to simulate grassland productivity in Europe. *European Journal of Agronomy* 9, 87-100.
- Schapendonk, A.H.C.M., Challa, H., Broekharst, P.W. and A.J. Udink ten Cate, 1984b. Dynamic climate control, an optimization study for earliness of cucumber production. *Scientia Hort.* 23: 137-150.
- Schreiber, U., W. Bilger, and C. Neubauer. 1994. Chlorophyll fluorescence as a noninvasive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. p. 49-70. In: E. d. Schulze and M. M. Caldwell (ed.), *Ecophysiology of Photosynthesis*. Vol. 100. Springer, Berlin.
- Sevelius, N., Hyttinen, T. and Somersalo, S. 2001. selection of rose cultivars for low light greenhouse production by photosynthetic features. *Acta Hort.* (ISHS) 547:159-166
- Warner, R.M. and J. E. Erwin (2005) Naturally occurring variation in high temperature induced floral bud abortion across *Arabidopsis thaliana* accessions. *Plant, Cell & Environment* 28 (10), 1255–1266.
- Yan, Z.F., O. Dolstra, T. Hendriks, T. W. Prins, P. Stam and P. B. Visser Vigour evaluation for genetics and breeding in rose *Euphytica* 145, Number 32005 Pages 339-347
- Yin, X, M. van Oijen & Ad H.C.M. Schapendonk. 2004. Extension of a biochemical model for the generalised stoichiometry of electron transport limited C3 photosynthesis. *Plant Cell & Environment* 27: 1211-1222
- Zieslin, N. Mor, Y. Light and roses. A review. *Scientia Horticulturae* 43 (1990) 1-14.
- Zieslin, N., Tsujita, M.J. Response of miniature roses to supplementary illumination 1. Light intensity. *Scientia-Horticulturae-Amsterdam*. 1990, 42 (1-2): 113-122.