



Snijbloemen telen bij hoge RV met behoud van kwaliteit

Literatuuronderzoek in opdracht van Kas als Energiebron

Nieves García Victoria¹, Casper Slootweg², Nollie Marissen³

1. WUR Glastuinbouw, 2. PPO Bollen en Bomen, 3. Nollie Marissen Advies

Rapport GTB-1410

Referaat

Om CO₂ voor de fotosynthese naar het blad te leiden, hebben planten huidmondjes. Via de open huidmondjes verdampt water. De plant reguleert de opening en sluiting van huidmondjes, en dus haar waterhuishouding, aan de hand van prikkels uit de omgeving (water, CO₂, licht). Snijbloemen verliezen na de oogst water door verdamping wat weer aangevuld moet worden via de steel met het vaaswater. Bij goed functionerende huidmondjes is die verdamping beperkt, maar de huidmondjes van snijbloemen die geteeld zijn bij aanhoudend hoge RV zijn anatomisch en fysiologisch anders: ze zijn ongevoelig voor sluitingsprikkel, waardoor ze in de vaas sterk door blijven verdampen. Dit leidt tot een korter vaasleven omdat de wateropname door de afgesneden steel beperkend wordt.

Het ontbreken van een donkerperiode tijdens de teelt leidt ook tot niet-functionele huidmondjes. Als er gedurende de ontwikkeling regelmatig een sluitings-prikkel wordt gegeven, blijven huidmondjes functioneel. Dit zou gerealiseerd kunnen worden door het hanteren van een donker-periode in combinatie met een voldoende lage RV, periodieke verlagingen van de RV tijdens de teelt, de teelttemperatuur 's nachts verhogen (waarmee de RV daalt), of een sterke luchtbeweging (kortstondig ingezet). Groen (LED) licht aan het begin van de nachtperiode en het gebruik van schermen tegen uitstraling kunnen wellicht ook de huidmondjes functionaliteit positief beïnvloeden, maar daar is nog onvoldoende over bekend.

Het Nieuwe Telen is er sterk op gericht om de huidmondjes open te houden voor maximale fotosynthese en productie door, onder andere, het handhaven van een hoge RV. Bij producten die geen last hebben van waterverlies na de oogst, zoals vruchtgroenten leidt het tot zeer goede productie en kwaliteit met weinig inzet van energie. Het Nieuwe Telen is sterk in ontwikkeling. Bij het vertalen van Het Nieuwe Telen naar bladhoudende snijbloemen dient er ruimte te worden gemaakt voor een regelmatig terugkomende trigger om de huidmondjes te laten sluiten wil het succesvol toegepast kunnen worden.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1410

Projectnummer: 3742231300

Disclaimer

© 2016 Wageningen Plant Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wur.nl/plant-research. Wageningen Plant Research.

Wageningen UR Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen UR Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Huidmondjesregulatie en bladverdamping tijdens de groei	9
2.1	Metten aan huidmondjes	9
2.2	Huidmondjesregulatie	10
2.2.1	Water	10
2.2.2	Licht / Donker	11
2.2.3	Licht spectrum	11
2.2.4	Concentratie CO ₂ in de lucht	12
2.2.5	Temperatuur	12
2.2.6	Windsnelheid	12
2.2.7	Abscisinezuur	13
2.2.8	Prikkels voor sluiting huidmondjes	13
2.3	Waterverlies anders dan door huidmondjes in het blad	14
3	Huidmondjesregulatie en bladverdamping na de oogst	15
3.1	Huidmondjesritmes	15
3.2	Verdamping na de oogst en vaasleven	16
3.2.1	Vaasleven meten	16
3.2.2	Roos	17
3.2.2.1	Bladverdroging bij roos	19
3.2.3	Chrysant	19
3.2.4	Bouvardia	19
3.2.5	Lelie	20
3.2.6	Helleborus	21
3.2.7	Anthurium	21
3.2.8	Hortensia	22
4	Invloed teeltfactoren op verdamping na de oogst en vaasleven	23
4.1	Invloed donkerperiode op vaasleven en verdamping	23
4.2	Invloed hoge RV tijdens de teelt op vaasleven en verdamping	25
4.2.1	RV of VPD?	25
4.2.2	Roos	27
4.2.2.1	Invloed ras op reactie op langdurig hoge RV tijdens de teelt.	28
4.2.3	Chrysant	28
4.2.4	Bouvardia	29
4.2.5	Lelie	29
4.2.6	Hortensia	29
4.2.7	Helleborus	29
4.2.8	Anthurium	30
4.3	Andere teeltinvloeden	30
4.3.1	Invloed CO ₂ concentratie	30
4.3.2	Invloed temperatuur	30
4.3.3	Invloed licht	31

5	Invloed teelt bij hoge RV op de huidmondjes	33
5.1	Op huidmondjes dichtheid en anatomie	33
5.1.1	Voordelen van meer en langere huidmondjes	33
5.2	Op huidmondjes fysiologie	34
5.2.1	Relatie met mineralentransport	35
6	Het Nieuwe Telen (HNT) en RV	37
7	HNT toepassen met behoud van huidmondjes functionaliteit bij siergewassen	39
7.1	Externe toediening van ABA	39
7.2	Periodiek RV verlagen	40
7.3	Waterstress door beperken irrigatie	40
7.4	Luchtbeweging	41
7.5	Temperatuur verhogen	42
7.6	CO ₂ verhogen	42
7.7	Voorkomen uitstraling	43
7.8	Hanteren van een donkerperiode	43
7.9	Groen licht pulsen aan het begin van het donkerperiode	44
7.10	Huidmondjes functionaliteit onderdeel van rasseselectie	44
8	Conclusies	45
9	Aanbevelingen voor onderzoek	47
	Literatuur	49
	Bijlage 1 Kennisinteractie Kas als Energiebron	53
	Bijlage 2 Kort verslag van de bijeenkomst	55

Samenvatting

Fotosynthese is een voorwaarde voor plantengroei. Om CO₂ voor de fotosynthese naar het blad te leiden, hebben planten huidmondjes. Verdamping is een onvermijdelijk bijverschijnsel van open huidmondjes, maar heeft ook nut voor de mineralenopname.

Het Nieuwe Telen, een set strategieën om energie in kasteelten te besparen en productie te verhogen, is er sterk op gericht om de huidmondjes open te houden en fotosynthese mogelijk te maken. Dit wordt onder andere bereikt door het handhaven van hoge kastemperatuur en hoge RV in de nacht, maar ook overdag zowel bij lage als hoge instraling. Het Nieuwe Telen blijkt zeer goed geschikt voor producten die geen last hebben van waterverlies na de oogst, zoals vruchtgroenten en sierteeltproducten die geen blad aan de steel hebben of weinig verdampend oppervlak.

Bij snijbloemen met een groot verdampend oppervlak (=blad) veroorzaakt de teelt bij aanhoudend hoge RV in de winter problemen met het vaasleven op. De problemen doen zich voor bij veel verschillende gewassen die Het Nieuwe Telen nog niet toepassen en zijn al heel lang bekend. Het uitrollen van Het Nieuwe Telen naar snijbloemen zou hierdoor op weerstand kunnen stuiten; daarom is het belangrijk om te begrijpen om welke problemen het gaat en hoe deze veroorzaakt worden. De problemen uit zich na de oogst, in de vorm van een korter vaasleven. Van rozen en andere bloemen is deze in de winter slechter dan in de zomer. Het vaasleven wordt verkort door het optreden van slap blad, slappe nekken en bladverdroging. De belangrijkste oorzaak hiervan zijn slecht functionerende huidmondjes. De huidmondjes gaan niet meer dicht in het donker en bij waterstress. Daardoor krijgt de snijbloem niet de gelegenheid om een goede waterbalans te behouden, aangezien de omstandigheden in de naoogstfase bijna altijd zodanig zijn dat een snijbloem met open huidmondjes meer water verdampt dan dat er via de afgesneden steel kan worden opgenomen uit de vaas. In de winter is de Relatieve Vochtigheid (RV) in de kas hoog en minder fluctuerend dan in andere seizoenen. Hierdoor ontstaan huidmondjes die niet meer kunnen sluiten, ook niet in de naoogstfase. Ook bij teelt onder omstandigheden met een hoge RV in andere seizoenen kan dit optreden. Bij een teelt onder lagere RV in de winter functioneren de huidmondjes wel goed.

Naast de hoge RV blijkt continu belichten, of een zeer korte donkerperiode (<ca 4 uur), ook tot niet-functionele huidmondjes te leiden.

De functionaliteit van huidmondjes wordt tijdens de ontwikkeling van het blad bepaald aan de hand van de heersende RV.

Sluiting van huidmondjes wordt aangestuurd door een aantal verschillende triggers. De belangrijkste zijn: droogtestress (actief en passief), licht(kleur), Abscisinezuur (ABA, een plantenhormoon) en CO₂. Onderzoek wijst uit dat het verlies van functionaliteit van huidmondjes komt doordat de huidmondjes niet meer gevoelig zijn voor deze triggers. Daarom werkt het toedienen van prikkels (zoals hoog CO₂ of ABA in oplossing) na de oogst, wat de makkelijkste oplossing zou zijn, niet of onvoldoende.

Gebleden is dat de functionaliteit van huidmondjes intact blijft wanneer er gedurende de ontwikkeling regelmatig een sluitings-trigger wordt gegeven die ook leidt tot sluiting van de huidmondjes. Een oplossing van dit probleem vereist daarom een aanpak tijdens de teelt.

De mate waarin een plant gevoelig is voor de factoren die de functionaliteit van huidmondjes verstoren verschilt per ras. Daarom kan de veredeling en selectie van nieuwe rassen op de lange termijn veel betekenen als er gebruik gemaakt wordt in de selectie van bijvoorbeeld een uitdrogingstoets op losse blaadjes.

Kansrijke oplossingen met het huidige sortiment liggen in: periodieke verlagingen van de RV tijdens de teelt, de teeltemperatuur 's nachts verhogen (waarmee de RV daalt) en sterke lucht beweging (kortstondig ingezet).

Maatregelen als externe toedieningen van ABA, of het verhogen van de CO₂ concentratie in de kaslucht zullen niet leiden tot behoud van huidmondjes-functionaliteit aangezien ze alleen werken bij ABA-gevoelige huidmondjes.

Het toedienen van droogtestress door het onthouden of beperken van irrigatie leidt pas tot sluiting van huidmondjes bij extreme uitdroging van het substraat en is daarom ook geen haalbare oplossing.

Mogelijk zouden groene (LED) licht pulsen aan het begin van de nachtperiode en het gebruik van schermen tegen uitstraling (om condens rondom het blad te voorkomen), gecombineerd met voldoende lage RV, ook de huidmondjes functionaliteit positief beïnvloeden. Hierover is echter nog onvoldoende bekend.

Het hanteren van een donkerperiode in de nacht lijkt een vereiste om zowel de gevoeligheid van de huidmondjes voor ABA te behouden, als om andere maatregelen een grotere kans van slagen te bieden. Dit kan voor sommige rassen echter ook tot een onaanvaardbare productiederving leiden; daarom is het belangrijk om te weten hoe lang de donkerperiode minimaal moet zijn.

Een regelmatig terugkomende trigger om de huidmondjes te laten sluiten lijkt de sleutel voor behoud van functionaliteit en verbetering van de houdbaarheid. In HNT moet dus ruimte gemaakt worden om het gewas regelmatig aan zo'n trigger bloot te stellen, wil het succesvol toegepast worden in de winter bij bladhoudende snijbloemen.

1 Inleiding

Uit onderzoek is bekend dat de teelt onder vochtige omstandigheden leidt tot veranderingen in de anatomie en de functionaliteit van de huidmondjes in het blad van siergewassen. Hierdoor sluiten deze niet als ze blootgesteld worden aan stimuli die normaal voor sluiting zorgen, zoals waterstress, overgang van licht naar donker, en ABA (abscisinezuur). Sluiting van huidmondjes zorgt er na de oogst voor dat het product niet uitdroogt. Als de huidmondjes niet sluiten, blijft een snijbloem verdampen als deze na de oogst in een omgeving bij lagere RV's wordt geplaatst, vaak meer dan via de steel kan worden opgenomen. Dit zorgt voor een verstoorde waterbalans die zich op verschillende manieren uit: papierblad bij lelie, slap blad of bladverdroging en slechte knopopening bij roos, blauwverkleuring bij Anthurium, slappe stelen bij Helleborus en slap blad bij Bouvardia, Chrysant en Lisianthus. Dit kan voor een dramatische verlaging van het vaasleven na de oogst zorgen. De problemen doen zich veelal voor in de winter en de relatie met teelt in omstandigheden met RV's hoger dan 85% is in vele onderzoeken aangetoond, in en buiten Nederland. De houdbaarheid van rozen, geteeld onder dergelijke omstandigheden kan worden gereduceerd van 18 dagen tot 6 dagen. Het geven van een garantie op het vaasleven komt zo in het gedrang.

Er is echter ook in proeven, in de zomer een verminderde houdbaarheid van rozen aangetoond onder teeltomstandigheden met een hoge RV.

In de afgelopen jaren zijn in het kader van Het Nieuwe Telen energiezuinige teeltstrategieën ontwikkeld, waarbij bij hoge RV's wordt geteeld. Bij vruchtgroenten heeft dat, in tegenspraak tot verwachtingen op basis van de algemeen aangenomen kennis, niet geleid tot ziektes en kwaliteitsproblemen. Bij snijbloemen blijkt het risico op slechte na-oogstkwaliteit echter nog steeds een 'show-stopper' voor een daadwerkelijke doorbraak van de toepassing van energiezuinige en vochtige teeltmethoden.

Omdat er behoefte was aan een compleet overzicht van de reeds bekende kennis ten aanzien van houdbaarheid van siergewassen geteeld onder hoge RV in de winter, is door het programma Kas als Energiebron om dit literatuuronderzoek gevraagd.

In dit kennisoverzicht is de stand van zaken over de fysiologie die met huidmondjes te maken heeft beschreven. Het overzicht begint met informatie over huidmondjes regulatie en verdamping bij intacte planten, en bij snijbloemen na de oogst. Ook is voor een aantal gewassen beschreven welke naoogstproblemen optreden door niet-functionerende huidmondjes en waardoor deze bij die gewassen zijn ontstaan.

Verder is verkend welke mogelijkheden er zijn om huidmondjes functioneel te houden gedurende de teelt. Hierbij is vooral aandacht besteed aan de relatie huidmondjesfunctionaliteit, RV en Het Nieuwe Telen (HNT). Een kritische beschouwing op in het verleden getrokken conclusies is waar mogelijk gehanteerd.

Om de leesbaarheid te bevorderen, zijn de literatuurverwijzingen in de tekst genummerd. De nummers in de tekst komen overeen met de nummers in de literatuurlijst.

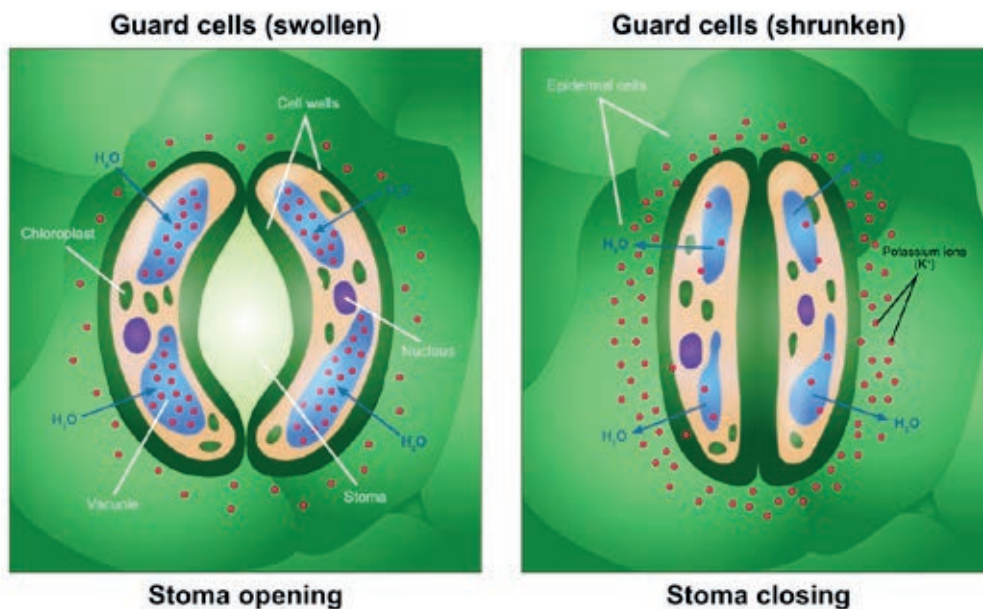
2 Huidmondjesregulatie en bladverdamping tijdens de groei

Elke plant heeft huidmondjes, bedoeld om de CO_2 naar binnen te laten die nodig is voor de fotosynthese. Fotosynthese is een voorwaarde voor groei.

Waterverlies *in dampvorm* (verdamping) is een onvermijdelijk bijverschijnsel van open huidmondjes, maar heeft ook nut voor het transport van bepaalde voedingselementen (vooral voor Calcium en Borium). De verdamping is vaak (veel) groter dan nodig is voor het mineralentransport, maar de plant houdt de huidmondjes open voor de fotosynthese.

Meestal verliest een plant door de verdamping meer water dan hij kan opnemen via de wortels, en bouwt zich overdag een watertekort op (Figuur 2). Zodra het donker is, is er geen CO_2 meer nodig en sluiten planten hun huidmondjes om het waterverlies weer aan te kunnen vullen.

Een huidmondje bestaat uit twee sluitcellen en wat hulpcellen (Figuur 1). Een huidmondje staat open wanneer de celdruk (turgor) van de sluitcellen hoog is. De turgor van de sluitcellen neemt toe omdat deze zich vullen met (Kalium-)ionen die de osmotische druk doen toenemen door water naar zich toe trekken. Als de turgor afneemt (passief of actief, zie ook 2.2.8) sluit het huidmondje.



Figuur 1 Huidmondje. De sluitcellen (Guard cells) bevatten bladgroenkorrels (Chloroplast). Deze zorgen in het licht voor energie voor de import van K-ionen (rode puntjes) van de buurcellen. Hierdoor stijgt de druk in de vacuole en gaat het huidmondje open. Bron: Wikipedia.

2.1 Meten aan huidmondjes

Er zijn methoden om de opening van huidmondjes te meten. Het principe van de meting berust op het meten van het verschil in watergehalte van een luchtstroom die in een meetcuve langs een stukje (meestal aan de onderkant) van een blad wordt gestuurd. Het verschil in watergehalte van de instroom en de uitstroom geeft een maat voor de huidmondjesopening.

De mate van opening wordt uitgedrukt als geleidbaarheid of als weerstand. Waarbij deze waarden elkaars reciproke zijn: een hoge geleidbaarheid duidt dus op openstaande huidmondjes, die dus weinig weerstand geven aan water dat uit het blad ontsnapt.

2.2 Huidmondjesregulatie

Er zijn verschillende omgevingsfactoren die de regulatie van de turgor in de sluitcellen beïnvloeden: de belangrijkste zijn licht, water en CO₂. Zuurstof en de temperatuur kunnen ook de huidmondjes opening beïnvloeden.

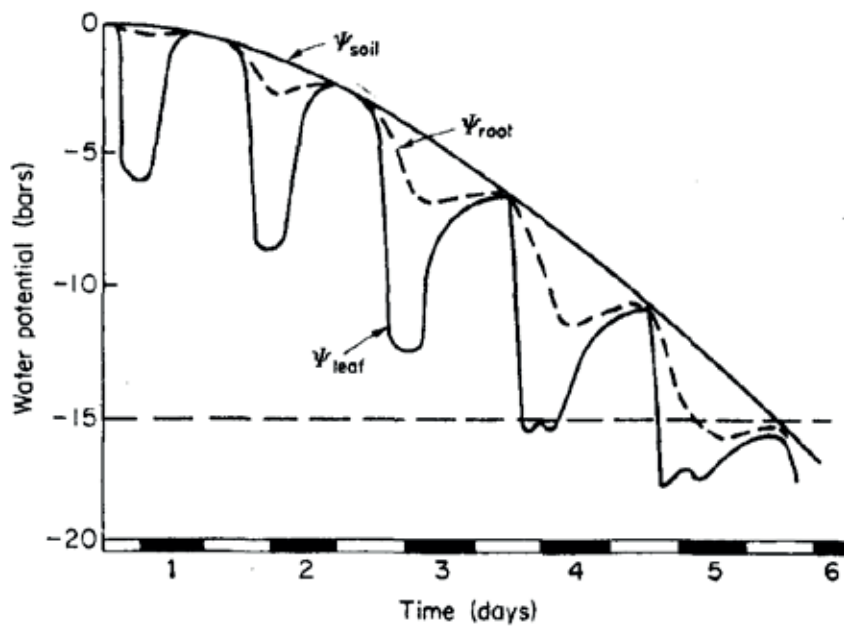
Verantwoordelijk voor de sluitsignaal bij droogtestress is het plantenhormoon ABA (abscisinezuur). De werking van deze omgevingsfactoren en ABA worden hieronder toegelicht.

2.2.1 Water

De laatste fase van de verdamping is de diffusie van waterdamp uit de huidmondjes holte naar buiten. De diffusie hangt af van het verschil in vocht tussen de holtes en de lucht erbuiten. Daarom zal een toename van de luchtvochtigheid buiten het blad altijd leiden tot een kleinere gradiënt dus minder diffusie, en dus vermindering van de verdamping omdat het verschil binnen-buiten kleiner wordt. Daarom neemt de huidmondjes opening toe met een positief effect op de CO₂ opname.

Bij watertekort in het blad daalt de turgor van de sluitcellen van de huidmondjes zodat de huidmondjes dicht gaan. Dit kan tijdens de lichtperiode optreden, bij een sterke verdamping, bijvoorbeeld bij een lage RV, of beter gezegd door een hoog VPD (Vapour Pressure Deficit = dampdrukdeficiet = het verschil in (water-)dampdruk in het blad en in de kaslucht)), in combinatie met veel instraling of veel luchtbeweging. Wanneer de wortels het waterverlies bovengronds niet kunnen compenseren blijken veel planten in de loop van de dag hun huidmondjes te sluiten als gevolg van droogtestress. Deze 'middagdip' is soms te zien in vruchtgroentegewassen. De 'middagdip' is ook te meten, omdat de fotosynthese sterk daalt of stopt wegens gebrek aan CO₂ in het blad. Later in de dag, als het VPD weer daalt, gaan de huidmondjes weer open. Deze middagdip doet zich echter niet bij alle gewassen voor. Rozen b.v., waar continu fotosynthese is gemeten gedurende het etmaal, hebben bijna nooit een middagdip (lit. 23).

Wanneer de groeiomstandigheden zodanig zijn dat een droogteprikkel nooit optreedt, is het goed denkbaar dat huidmondjes altijd open blijven staan. Ook in het donker staan huidmondjes soms (gedeeltelijk) open. Dit blijkt uit metingen met weeggoten waar ook in het donker nog gewichtsverlies wordt gemeten. Wanneer de RV steeds zeer hoog blijft is er weinig verdamping en is het voor de waterhuishouding niet nodig dat huidmondjes dicht gaan.



Figuur 2 Veranderingen in de waterpotentiaal van een blad, de wortel en de bodem van een verdampend blad in de grond, waarbij er vanaf een waterpotentiaal van 0 geen water is gegeven tot een waterpotentiaal waar verwelking plaatsvindt. De donkere balken in het tijdschema geven de nachtperiode aan (Slatyer, 1967, Uit lit. 15.).

Toelichting: Een waterpotentiaal van 0 betekent dat er helemaal geen onderdruk is, m.a.w. dat de waterbeschikbaarheid 100% is. Wanneer de waterpotentiaal van het wortelsubstraat lager is (dus negatief wordt) moet de plant 'harder aan het water trekken' om water op te kunnen nemen. In bovenstaande grafiek is dan ook te zien dat de wortels en de bladeren een lagere waterpotentiaal (meer onderdruk) hebben dan het substraat om toch nog water te kunnen onttrekken.

2.2.2 Licht / Donker

De sluitcellen zijn in staat waar te nemen of het licht of donker is. Als het licht wordt zorgen de bladgroenkorrels in de sluitcellen voor energie om Kalium te importeren. Deze K-ionen worden in de vacuole getransporteerd, waardoor de turgor omhoog gaat en het huidmondje opent. Dit gebeurt afhankelijk van de plantensoort binnen een uur nadat het licht is geworden. Zolang het licht is kan deze celspanning worden gehandhaafd, mogelijk ook omdat door de fotosynthese de concentratie CO_2 in de holtes achter het huidmondje en in de sluitcellen daalt, die dan openen om meer CO_2 binnen te laten. Als het donker wordt, wordt de turgor in de sluitcellen lager en sluiten de huidmondjes.

2.2.3 Licht spectrum

Sluitcellen zijn gevoelig voor licht in alle golflengtes van het fotosynthetisch actief licht (het PAR). Bovenop dit fotosynthetisch openingseffect, is de lichtreactie van de sluitcellen deels te danken aan de fotoreceptor zeaxantine, die het sterkst reageert op blauw licht (29). Blauw licht heeft een "superimposed" effect dat bovenop het effect van fotosynthetisch licht komt. Uit recent onderzoek (lit. 24) met niet-intacte planten (epidermis stripjes) blijken de huidmondjes die onder invloed van blauw licht tot opening zijn gedwongen, onder invloed van groen licht weer te sluiten.

2.2.4 Concentratie CO₂ in de lucht

De huidmondjesopening wordt ook beïnvloed door de CO₂ concentratie in de lucht buiten het blad. Hoe hoger de CO₂ concentratie, hoe kleiner de huidmondjes opening kan zijn om toch voldoende CO₂ binnen te laten. Hoog CO₂ kan zelfs een volledige sluiting van het huidmondje veroorzaken. In het gebied 300 tot 1200 ppm, is door Nederhof (31) een sluiting van de huidmondjes berekend van 3%-4% per 100 ppm toename in de CO₂ concentratie bij paprika, tomaat en komkommer; bij aubergine was de sluiting 11% per 100 ppm. Ook bij Anthurium leidt een concentratie CO₂ van 600 ppm tot 10% en 800 ppm tot 40% huidmondjes sluiting in vergelijking met de concentratie in de buitenlucht (13).

Door de activiteit van de fotosynthese ontstaat er in de intercellulaire ruimtes van het blad, dus ook in de holte achter het huidmondje, een lagere CO₂ concentratie dan buiten het blad. Dit verschil in partiële CO₂ concentratie zorgt er voor dat er netto CO₂ naar binnen 'stroomt'. M.a.w. er is een CO₂ gradiënt die zorgt voor diffusie. Wanneer de aanvulling van CO₂ niet snel genoeg gaat (bijvoorbeeld bij toename van de lichtintensiteit) zal een plant reageren door de huidmondjes verder te openen. Uit onderzoek is gebleken dat de meeste planten een vaste waarde voor de gradiënt proberen te handhaven door de huidmondjesopening te reguleren. In de tuinbouw wordt de gradiënt beïnvloed door de CO₂-concentratie in de kaslucht te verhogen. Hierdoor kan een plant met een kleinere huidmondjesopening dezelfde interne partiële CO₂-spanning handhaven. Het zal duidelijk zijn dat de regulatie van de huidmondjesopening om de CO₂-voorziening voor de fotosynthese te optimaliseren van invloed is op de diffusie van water via diezelfde huidmondjes. Dit 'huidmondjesdilemma' is in handboeken beschreven, en komt er op neer dat een plant in het algemeen de CO₂ voorziening voorrang zal geven en waterverlies zal tolereren zolang de waterstatus niet de schadegrens overschrijdt. Als het waterverlies te groot wordt gaan de huidmondjes dicht.

De respons van huidmondjes op de CO₂ concentratie is variabel. Barceló (28) beschrijft een snelle sluiting: binnen 5 seconden zou al de helft van de uiteindelijke respons bereikt. Morison (43) meldt een grote variatie in respons, tussen 1 minuut en enkele uren, en dat de opening reactie (bij concentraties lager dan 300 ppm) over het algemeen sneller is dan de sluit-reactie op hoge concentraties. Beide auteurs zijn het er wel over eens dat huidmondjes reageren op CO₂ zowel in het licht als in het donker.

2.2.5 Temperatuur

Het effect van temperatuur op de huidmondjesopening is complex, maar in het algemeen geldt dat hoge temperatuur binnen het gebied tot 30°C de verdamping bevordert; dit doordat hetzelfde absolute vocht gehalte in de lucht bij een hogere temperatuur een lagere relatieve luchtvochtigheid heeft, waardoor de diffusie van waterdamp uit de holtes achter het huidmondje groter wordt. Boven 30°C tot 40°C sluiten de huidmondjes van de meeste planten omdat de fotorespiratie groter wordt dan de fotosynthese, waardoor de CO₂ in de holtes toeneemt en het huidmondje sluit. Fotorespiratie vindt plaats doordat het enzym Rubisco, dat heel efficiënt is in het binden van CO₂, O₂ bindt in plaats van CO₂. Ook de normale respiratie (ademhaling) is groter bij hogere temperaturen.

2.2.6 Windsnelheid

Windsnelheid heeft geen directe invloed op de regulatie van de huidmondjesopening, maar beïnvloedt de verdamping wel omdat de luchtbeweging de vochtgradient tussen het blad en de omgeving beïnvloedt. Bij weinig luchtbeweging staat de luchtlaag op het blad stil, en daardoor diffundeert waterdamp trager. Hoe dikker de stilstaande luchtlaag, hoe trager de diffusie, en de luchtlaag is het dunst bij hoge windsnelheid. De wind bezemt als het ware de stille luchtlaag weg (24). Dit heeft weer gevolgen voor de temperatuur van het blad die door convectie afkoelt; dit proces wordt door De Gelder (48) als volgt uitgelegd:

“Luchtbeweging rond het blad stimuleert de afvoer van het vocht uit de stomataire holte door de grenslaag boven het blad naar de omgeving. Het vochtverlies dat op deze wijze vooral in de nacht ontstaat wordt veroorzaakt door het verschil in dampspanning tussen de omgeving en de stomataire holte. In de stomataire holte wordt het vocht aangevoerd vanaf het vochtige oppervlak van de cellen rond deze ruimte. Voor dit laatste proces is energie nodig. Het gewas koelt daarbij af en zal kouder worden dan de omgeving. Op dat moment levert convectorie van warmte uit de lucht naar het blad een evenwichtssituatie op. Er wordt net zoveel warmte aan de omgeving onttrokken als er voor verdamping nodig is. Daarvoor moet het blad koeler zijn dan de omgeving”.

2.2.7 Abscisinezuur

Abscisinezuur, afgekort ABA, is een van de plantenhormonen die de plantprocessen reguleren. ABA heeft vele effecten. De naam suggereert dat het betrokken zou zijn bij abscissie (het vallen, afstoten) van plantendelen (vruchten, knoppen, bloemen, bladeren), maar dat was een fout van de eerste ontdekkers van dit hormoon. Abscissie wordt gereguleerd door de plantenhormonen ethyleen en auxine (14, 15).

ABA kan worden aangemaakt door elke plantencel, en is betrokken bij vele processen, onder andere de kieming van zaden, het oproepen van rust bij plantorganen, natuurlijke groeiremming, weerbaarheidreacties tegen pathogenen en de waterhuishouding van de plant, inclusief de respons op waterstress.

Bij het optreden van waterstress neemt de concentratie ABA in de sluitcellen toe door zowel herverdeling van de bestaande ABA voorraad in het blad als door aanmaak van nieuw ABA. Een specifieke receptor bindt ABA en deze binding activeert allerlei processen, waardoor ionen en organische zuren uit de cel lekken, waardoor de osmotische druk (turgor) afneemt, en het huidmondje kan sluiten.

De concentratie actief hormoon in de plantenweefsels hangt af van de snelheid van aanmaak en afbraak van het hormoon. De belangrijkste oorzaak van afname van vrije ABA is oxidatie. ABA kan ook inactief worden gemaakt door binding met enkelvoudige suikers (ook een manier om het als reserve op te slaan). Gedurende de nacht, komt bij rozen een deel van het gebonden ABA vrij, en zorgt het voor sluiting van de huidmondjes (4).

Bij rozen geteeld onder continu licht of aanhoudend hoge RV / laag VPD vindt de omzetting van gebonden naar vrije ABA niet plaats (4). Zie ook Hoofdstuk 5. Er ontstaat dus 'nooit' een signaal in de sluitcellen om te sluiten. Bij Arabidopsis geteeld onder hoge RV is de beschikbaarheid van vrije ABA om een andere reden laag: de beschikbare ABA wordt geoxideerd, en dus inactief gemaakt, met hetzelfde effect op de sluitcellen.

2.2.8 Prikkel voor sluiting huidmondjes

De onderlinge sterkte van prikkels die leiden tot sluiting van huidmondjes kan per plantensoort verschillen.

Uitdroging van de sluitcellen zelf leidt altijd tot sluiting van de huidmondjes, ook wanneer het nog licht is. Het is eigenlijk een passief proces: er is geen water in de buurcellen beschikbaar om de turgor van de sluitcellen op peil te houden, de sluitcellen verliezen turgor en daardoor sluit het huidmondje zich. Deze vorm van sluiting is sterker dan welke 'huidmondjes open'-trigger dan ook. Het heet '**hydropassieve sluiting**'

Uitdroging van het blad, en van de rest van de plant tijdens de lichtperiode hoeft niet direct te leiden tot verlies van turgor van de sluitcellen, want de sluitcellen krijgen een constante osmotische toevoer van water vanuit de buurcellen. Hierdoor blijven de huidmondjes tijdens de lichtperiode dus ook nog open als er matige waterstress is. Dit is belangrijk omdat de fotosynthese dan dus ook nog door kan gaan bij enige mate van waterstress. Als veiligheidsmechanisme maakt de plant het eerder besproken hormoon ABA aan bij een sterke uitdroging, die ervoor zorgt dat de osmotische waterstroom naar de huidmondjes stopt, en dat ze dus sluiten. Dit heet 'hydroactieve sluiting'.

Het niveau van waterstress dat nodig is voor de aanmaak van ABA verschilt van soort tot soort, en kan ook binnen een soort verschillen door verschillende 'voorgeschiedenis'.

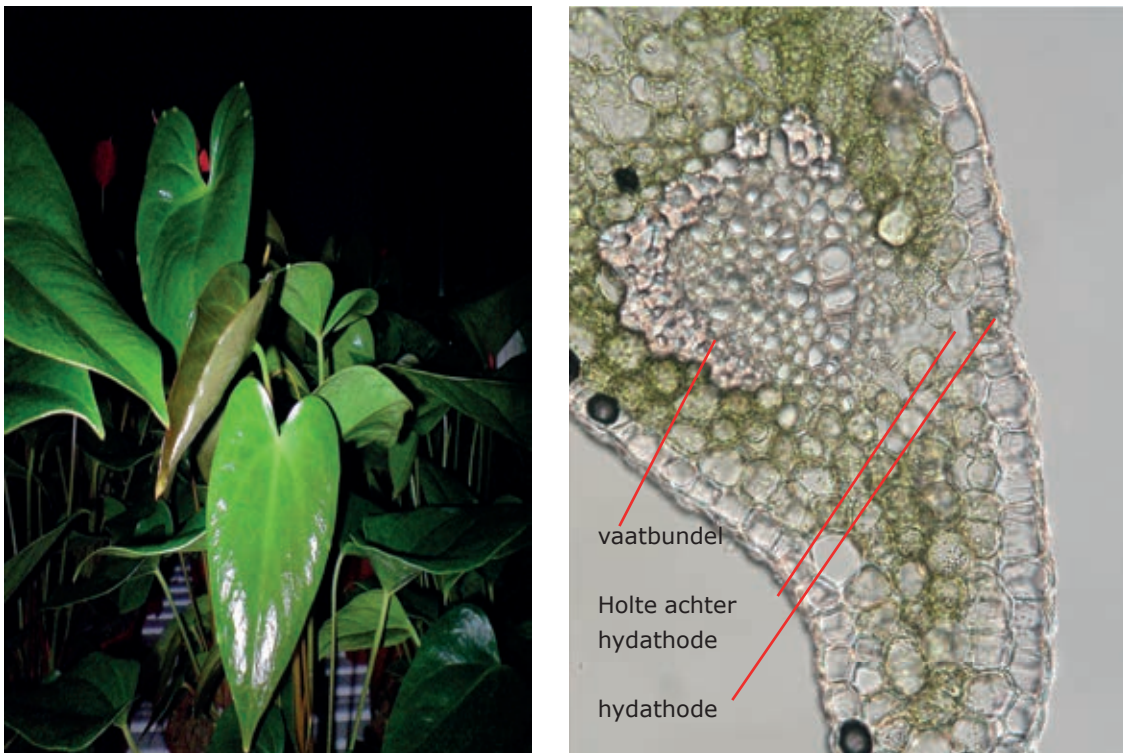
2.3 Waterverlies anders dan door huidmondjes in het blad

Naast huidmondjes in het blad (onderzijde en/of bovenzijde), kunnen planten huidmondjes hebben op andere plantendelen, zoals de sepalen (kelkbladeren) en de steel. De dichtheid ervan is vele malen kleiner dan in blad. Kelkhuidmondjes kunnen soms functioneel zijn en ook tot waterverlies leiden, maar vanwege de veelal beperkte oppervlakte is dat relatief klein in vergelijking tot het blad. Steelhuidmondjes zijn meestal niet functioneel, dat wil zeggen, dat ze geen CO₂ naar binnen kunnen leiden. De bijdrage van de steel in afwezigheid van blad aan de verdamping is meestal heel klein.

De oppervlakte van blad, steel, kelk- en kroonbladeren is bedekt met een waslaag, de cuticula. Deze is bedoeld om de verdamping te beperken. Deze waslaag is niet 100% waterdicht. Tussen plantensoorten is de dikte van de waslaag ook heel verschillend. Ook via de waslaag kan de plant dus wat water verliezen, maar dit is in normale omstandigheden verwaarloosbaar ten opzichte van waterverlies uit geopende huidmondjes.

Planten verliezen ook water in vloeibare vorm door guttatie (Figuur 3). Dit gebeurt op momenten waarop de worteldruk een opwaartse waterstroom veroorzaakt die niet wordt gecompenseerd door verdamping via de huidmondjes. Dit gebeurt meestal 's nachts en 's morgens, als de huidmondjes nog dicht zijn. Veel planten hebben zg. hydathoden, gespecialiseerde orgaantjes aan de bladrand en -punt waar het water makkelijk door naar buiten kan vloeien. Als een plant geen hydathoden heeft of deze verstopt zijn en ook niet verdampt, kan een hoge worteldruk tot schade leiden in de vorm van glazigheid in blad of bloem, of scheuren, barsten, breken van stelen of vruchten en wortels.

In een onderzoek bij potanthurium (44) blijken planten die op een met folie afgedekte tafel waren geteeld, waarbij de heersende RV 95% was, veel meer en ook overdag bij huidmondjes open te gutteren dan de planten die groeiden onder lagere RV.



Figuur 3 Links, foto guttatie bij potanthurium; rechts, detail hydathode (44).

3 Huidmondjesregulatie en bladverdamping na de oogst

Na de oogst van een snijbloem stopt de toevoer van water vanuit de wortel direct. Normaliter gaan de huidmondjes dan dicht omdat *et al.* snel droogtestress optreedt in het blad. Deze sluiting kost echter al gauw 10 tot 30 minuten. Daarom worden bloemen na het oogsten zo snel mogelijk op water geplaatst. In een vaas verdampen snijbloemen water via de huidmondjes in de bladeren, conform het proces dat in 2 is uitgelegd. Dat is geen probleem, zolang het verdampende water vanuit de vaas kan worden aangevuld. Die aanvulling vindt plaats via het (hout-) vatsysteem in de steel. Zolang die houtvaten niet verstopt raken met bacteriën en schimmels ('biologische verstopping') is watertransport geen probleem.

Een 'natuurkundige' verstopping kan ook plaatsvinden doordat er een zodanig hoge onderdruk in het vatsysteem ontstaat dat er dampbellen in de (grootste) vaten ontstaan die het watertransport belemmeren. Het komt ook veel voor dat er bij het oogsten van de bloemen van de plant, of bij het afsnijden van een stukje steel na transport, lucht in de vaten komt, als gevolg van de onderdruk in de tak, die wordt veroorzaakt door waterverlies. Dit wordt 'embolie' genoemd.

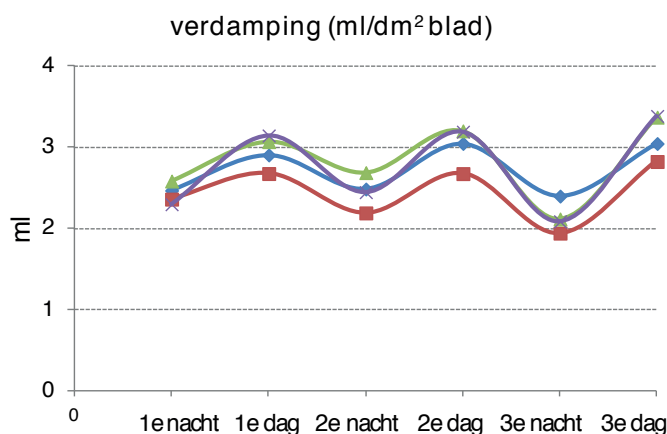
Wanneer er veel vaten verstopt raken is de wateropname te klein om de verdamping te compenseren. Dat leidt tot verwelking symptomen als slap worden van het blad, slap worden van de steel direct onder de bloem ('bent neck'), het slap worden van de knop of bloem, een slechte knopopening, een snelle veroudering (=verkleuring) van de bloemen en/of verdroging van het blad.

Bij een goede behandeling van snijbloemen worden direct na de oogst en tijdens het vaasleven middelen toegevoegd die biologische en natuurkundige verstopping remmen (biociden en uitvloeiers). Vooral tijdens het vaasleven is het belangrijk ook een suiker toe te dienen, voor de ademhaling, en om de celspanning te ondersteunen. Snijbloemenvoedsel bevat altijd suiker en biocide.

De biociden en suikers worden met de waterstroom mee naar de bladeren en knop getransporteerd. De hoogte van de verdamping bepaalt hoeveel suikers in het blad en (in mindere mate) in de knop komen. Er is dus geen mechanisme waarmee de mate van suikeropname gereguleerd wordt. De hoeveelheid suiker die in het blad komt is afhankelijk van de concentratie in de vaas en de hoogte van de verdamping. De producenten van snijbloemenvoedsel hebben de concentratie afgestemd op 'een gemiddelde' van alle bloemen.

3.1 Huidmondjesritmes

De meeste snijbloemen hebben tijdens het vaasleven ook een ritme van opening en sluiten van de huidmondjes. Deels is dit ritme al vastgelegd door het licht/donker regime tijdens de teelt, en blijft het nog dagenlang na de oogst de opening en sluiting van de huidmondjes bepalen. Experimenten in continu licht of continu donker tijdens de naooogst hebben dit aangetoond (18). Het licht/donkerregime ná de oogst (in de uitbloeiruimte of bij de consument) heeft echter ook invloed: het licht/donkerregime van de uitbloeiruimte wordt langzamerhand bepalend voor het openen en sluiten van de huidmondjes van een afgesneden tak. In Figuur 4 is de verdamping van rozentakken gedurende de eerste drie dagen van het vaasleven weergegeven. Gedurende de donkerperiode is de verdamping lager, waarschijnlijk omdat de huidmondjes zich sluiten. Dat de verdamping niet helemaal stopt, komt omdat de verdamping via de waslaag nog door gaat.



Figuur 4 Verdamping van roos 'Red Naomi' gedurende de eerste drie dagen vaasleven, uitgesplitst over de donker- en de lichtperioden in de uitbloeiruimte. Elke lijn is een gemiddelde van 10 takken. Proef in maart 2013 (lit. 41).

3.2 Verdamping na de oogst en vaasleven

De verdamping van in Nederland in de winter geteelde snijbloemen is vaak veel hoger dan van bloemen in andere periodes van het jaar; dit blijkt onder andere uit verdampingsmetingen bij roos (Figuur 5). Het blad verliest veel meer water door verdamping dan de steel kan aanvullen, ook als er geen vatverstopping is.

Als er meer verdampt wordt dan via de steel opgenomen, treden verwelking symptomen op. Deze symptomen kunnen per gewas verschillen, en leiden in alle gevallen tot een veel korter vaasleven; de verdamping na de oogst blijkt in de meeste gevallen omgekeerd gerelateerd aan de houdbaarheid of vaasleven van de snijbloemen.

Hieronder worden symptomen besproken die bij verschillende gewassen optreden tijdens het vaasleven. Maar eerst wat uitleg over de omstandigheden tijdens het vaasleven en hoe daar aan "gemeten" wordt.

3.2.1 Vaasleven meten

Uit onderzoek in de jaren 80 (50) en ook recent (51) bleek al dat de belangrijkste argument voor consumenten in een herhaalaankoop om voor een bepaalde bloemsoort te kiezen is de duur van het vaasleven. Vanaf de jaren 80 is daarom vrij veel onderzoek gedaan naar "vaasleven" van verschillende snijbloemen, uit verschillende herkomsten, telers, etc. en zijn na-oogstbehandelingsmiddelen voor telers en consumenten ontwikkeld en door de veilingen opgenomen in de aanvoervoorschriften.

Omdat de huiskameromstandigheden verschillen (want hoe ziet de gemiddelde huiskamer eruit?, en is dat hetzelfde in de winter en in de zomer? Is het in de VS anders dan in Israel of in Nederland?) zijn er tijdens een "houdbaarheidscongres" internationale afspraken gemaakt over de condities waaronder "vaasleven onderzoek" dient plaats te vinden (49). Dat is een temperatuur van 20°C ($\pm 1^\circ\text{C}$), een relatieve luchtvochtigheid van 60% ($\pm 5\%$), en belichting gedurende 12h per dag met TL lampen in een specifieke witlichtkleur en een intensiteit van 14 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$.

De steeleinden van de bloemen worden na een eventuele transportsimulatie afgesneden en in aparte (schone) vazen met water in de houdbaarheidsruimte geplaatst (Figuur 5). Idealiter wordt per vaas één bloem geplaatst. Het blad wordt zodanig verwijderd dat er geen blad in het vaaswater komt. Tussen de 10 en de 50 bloemen per partij worden op vaas geplaatst voor een onderzoek.

De houdbaarheid wordt gedefinieerd als: het gemiddeld aantal dagen verstreken tussen plaatsing van de bloemen in de uitbloeiruimte (dag 0) tot het moment dat ze worden afgeschreven. De bloemen worden afgeschreven als ze zodanig slap, verwelkt of uitgebloeid zijn, of andere afwijkingen vertonen (b.v., bent-neck, bloemrot of bloemrui door Botrytis) dat de gemiddelde consument ze niet langer in de vaas zou laten staan.

Bij de consument staan de bloemen vaak in voor het vaasleven nog veel slechtere condities; bijvoorbeeld in luchtstromingen, met een hele bos in één vaas en soms in de volle zon, of te warm en droog. Het vaasleven zoals in de voorbeelden hieronder genoemd, zou bij de consument vermoedelijk slechter zijn.

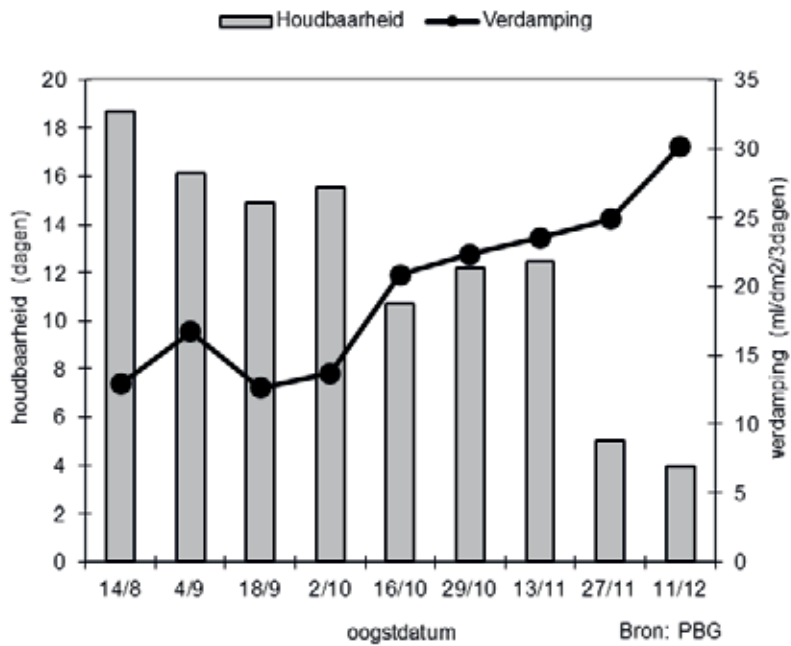


Figuur 5 Bloemen voor houdbaarheidsonderzoek in de uitbloeiruimte van WUR Glastuinbouw.

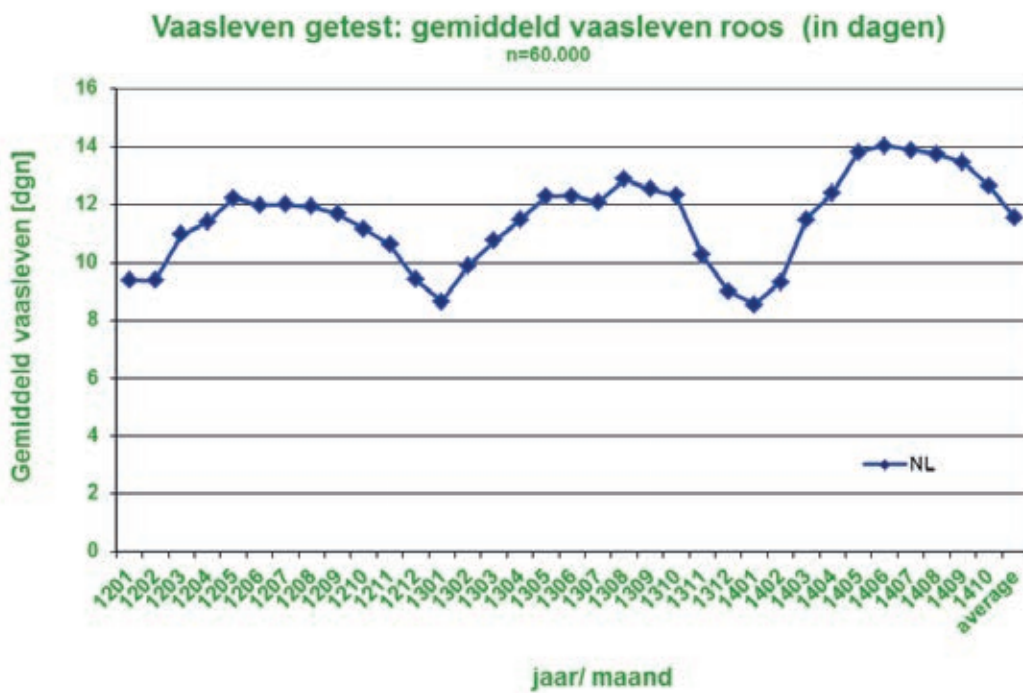
3.2.2 Roos

Uit onderzoek met rozen vanaf de jaren 1980 in Scandinavië en in Nederland blijkt dat rozen geteeld in koude gebieden een korter vaasleven hebben in de winter.

Dit is nu nog altijd het geval. In bijvoorbeeld resultaten uit het project "Vaasleven getest" van FloraHolland (Figuur 7), waar een groot aantal nederlandse rozentelers aan meewerken, is goed te zien dat er een "winter-houdbaarheidsdip" zich voordoet, over alle rozenrassen en bij alle telers.



Figuur 6 Variaties in vaasleven en verdamping van roos 'Diva', geoogst op verschillende data (15).



Figuur 7 Vaasleven in dagen van in Nederland geteelde rozen tussen januari 2012 en oktober 2014 (Bron: Flo-raHolland, project Vaasleven getest, lit.9).

3.2.2.1 Bladverdroging bij roos

Uit experimenten is gebleken dat een hoge verdamping ook samen kan gaan met bladschade (Figuur 8). Het probleem is niet te verhelpen door het verdampend oppervlak te verkleinen: ook in takken met maar één vijfblad reedt schade op. Ook is duidelijk dat stoffen die in het vaaswater zijn opgelost (bijvoorbeeld snijbloemenvoedsel) de schade versterken. Door de hoge verdamping van winterrozen wordt veel van de opgeloste stoffen naar het blad getransporteerd, waar het ophoopt. Dit zorgt voor osmotische problemen in de cellen van de bladmassa. Dat vooral de osmotische werking de schade veroorzaakt is te zien in een experiment met twee stoffen die, hoewel in gelijke molaire concentratie toegediend, verschillende invloed hebben op bladschade: de stof met de sterkste osmotische werking veroorzaakte het meeste schade. De osmotische waarde van perssap uit het blad loopt op wanneer de takken in een oplossing staan met een hoge osmotische waarde (19).



Figuur 8 Bladverdroging tijdens vaasleven bij roos.

3.2.3 Chrysant

Het meest voorkomende symptoom van een hoge verdamping, in combinatie met een beperkte wateropnamecapaciteit bij Chrysant na de oogst is het optreden van slap blad. Uit regelmatige testen van FloraHolland (pers. comm. G. ten Hoop), met een beperkt aantal cultivars is echter niet meer een seizoenseffect te ontdekken in de duur van het vaasleven.

3.2.4 Bouvardia

Ook bij dit gewas (Figuur 9) is slap blad een uiting van overmatige verdamping na de oogst. Bij onderzoek aan Bouvardia (10) bleek een sterk seizoenseffect te bestaan in het optreden van slap blad: Van april t/m augustus werd geen slap blad tijdens het vaasleven gevonden en in november t/m maart wel. De verdamping van in april geoogste Bouvardia, een periode waarbij geen slap blad optreedt, is hoog, aanzienlijk meer dan het eigen bloemgewicht. Deels doordat het blad grote aantallen huidmondjes bevat, in de orde van grootte van 2x het aantal bij roos. Van de totale verdamping was 70% gerealiseerd overdag en 30% 's nachts (45).



Figuur 9 Het blad van *Bouvardia* bloemen verdampt veel tijdens het vaasleven, wat in de winter tot een sterke verkorting van de houdbaarheid leidt.

3.2.5 Lelie

Bij lelies kan zogenaamd papierblad optreden (Figuur 10). Dit is een verdroging van het blad, die meestal bij zonnige dagen in de kas, of in de huiskamer na de oogst zichtbaar wordt, maar eerder tijdens de teelt wordt geïnduceerd.

Papierblad kwam in onderzoek vooral voor in de Oriëntals Expression, Muscadet en Star Gazer.



Figuur 10 Papierblad bij lelie.

3.2.6 Helleborus

Helleborus bloeit in de winter; de nieuwste rassen kunnen tussen november en april worden geoogst. De houdbaarheid is rondom Kerst, als de bloemen het meeste opbrengen, het slechtst. De houdbaarheid van Helleborus bij bloemist en consument wordt veelal beëindigd door het slap worden van de steel (Figuur 11). Het voortijdig slap worden van de steel van Helleborus bloemen tijdens het vaasleven blijkt een gevolg te zijn van een verstoorde waterbalans (12, 32). Helleborus blijkt over grote aantallen huidmondjes te beschikken, op zowel het blad als op de bloemdelen (sepalen), zowel aan de bovenzijde als aan de onderzijde. Hierdoor kan de verdamping tijdens het vaasleven erg hoog zijn: takken verdampen tot 136% van het takgewicht in 3 dagen, en kunnen zelf veel water verliezen, tot 15% van het gewicht bij de oogst; al vanaf 5-7% waterverlies kan de steel slap hangen. Het voorbehandelen na de oogst met middelen die de wateropname via de steel stimuleren blijkt niet voldoende om de houdbaarheid te verbeteren.

Uit onderzoek van InHolland Diemen (studenten van de Small Business & Retail Management opleiding) onder bloemisten blijkt een goed vaasleven na de oogst de Kritische Succes Factor voor de introductie van nieuwe *Helleborus orientalis* rassen (12).



Figuur 11 Het slap hangen van de steel op de vaas door overmatige verdamping van de tak is de belangrijkste reden van beëindigen van het vaasleven bij *Helleborus orientalis*.

3.2.7 Anthurium

Een opvallend fenomeen dat zich bij Anthurium voordoet na de oogst in de winter is blauwverkleuring van het schutblad (spathe) bij rode rassen (Figuur 12) en bruinverkleuring bij niet-rode rassen. De spathe van Anthurium, het deel dat we voor bloem aanzien, is eigenlijk een gemodificeerd blad. Blauwverkleuring is bij de oogst niet of slechts zichtbaar bij een heel klein percentage van de bloemen en wordt zichtbaar tijdens de handelsfase of bij de consument. Deze blauwverkleuring is niet door koude bewaringstemperaturen lager dan ca. 10 graden in de naoogst- noch door veroudering geïnduceerd (andere bekende oorzaken van blauwverkleuring bij Anthurium).

Uit onderzoek (13) van oktober tot en met maart tussen 10 telers van hetzelfde ras bleek het percentage blauwverkleurende bloemen op 11 december het hoogst, 30 oktober het laagst. Tot 50% van de bloemen van een teler konden blauwverkleuring vertonen in meer of mindere mate. Ook bij telers die geen blauwverkleuring bij oogsten en verwerken hadden waargenomen kwam blauwverkleuring in soms vrij hoge percentages van het totaal aantal geoogste bloemen voor.



Figuur 12 Blauwverkleuring bij rode Anthuriums komt in verschillende vormen voor en verlaagt de sierwaarde tijdens het vaasleven.

3.2.8 Hortensia

Hortensia verdampt veel water via het blad (amfistomatisch, d.w.z., dat er aan beide zijden van het blad huidmondjes zijn) maar ook via de "bloemblaadjes" (die alleen aan de onderzijde huidmondjes hebben, 46). Bij de teelt als snijbloem, leidt dit tot een hoge verdamping op de vaas, tot 300 gram per tak binnen 6 dagen, waarvan 25 tot 50% door de "bloemblaadjes". Door de hoge verdamping kunnen slap blad en slappe bloemblaadjes al snel na het op de vaas zetten optreden. Soms leidt dit ook bij takken waarvan de wateropname niet gehinderd is door lucht of bacteriën in de houtvaten tot een korte houdbaarheid. Het vaasleven van de cultivar Schee geteeld door 6 verschillende bedrijven kon variëren tussen 2 en 14 dagen. De takken uit de "vroegse aanvoer" (ontwikkeld in de winter) en de eerste partijen van een gewas zijn vaak matig houdbaar, terwijl opvolgende partijen al snel een langer vaasleven halen. Bij oogst vanaf juni is de productprestatie van de verschillende telers over het algemeen goed (minimaal 10 dagen houdbaarheid). Bij Hortensia bleek het weghalen van een deel van het blad enkele dagen voor de oogst een positief effect te hebben op het beperken van de verdamping tijdens het vaasleven en de houdbaarheid te verbeteren.

4 Invloed teeltfactoren op verdamping na de oogst en vaasleven

Bij verschillende gewassen is gebleken dat de houdbaarheid of het vaasleven na de oogst slechter is bij winterteelten dan bij teelten in andere momenten van het jaar.

Omdat dit een schadelijke invloed heeft op het imago en daardoor op de marktwaarde van veel gewassen, is er vrij veel onderzoek gedaan naar de oorzaken van dit fenomeen. Gebleken is dat winterbloemen vaak overmatig verdampen na de oogst, veel meer dan in de zomer. Tot nu toe zijn er, zowel bij roos als bij verschillende andere snijbloemen, in tientallen onafhankelijke onderzoeken in Nederland en Scandinavië twee hoofdfactoren uit de teelt aangeduid die invloed hebben op deze waargenomen afname van het vaasleven na de oogst in de winter:

1. Het ontbreken van een donkerperiode (17, 18, 19) in de teelt of een donkerperiode van te korte duur (minder dan 4 uur).
2. Een langdurig hoge Relatieve Vochtigheid in de kas, dat wil zeggen een langdurig laag VPD in de kas.

Beide factoren blijken de verdamping na de oogst te beïnvloeden op vergelijkbare manier: door een verstoring van de fysiologie van de huidmondjes, die niet meer in staat zijn om te sluiten in het donker of bij waterstress (1,2,3,4). De morfologie en dichtheid van de huidmondjes in het blad is ook verschillend. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de wijze waarop de fysiologie van de huidmondjes wordt beïnvloed.

Mogelijk zijn andere omgevingsfactoren betrokken bij deze verstoring van de fysiologie van de huidmondjes.

Tot slot blijkt er een cultivar invloed te bestaan in de gevoeligheid voor deze teeltfactoren: er zijn duidelijke verschillen gevonden tussen cultivars: een aantal rozencultivars is zeer gevoelig voor langdurig hoge RV en te lange lichtperiodes (37), met als gevolg dat de houdbaarheid vaak sterk achteruit gaat in de winter. Andere cultivars zijn minder 'gevoelig'.

In de volgende hoofdstukken gaan wij verder in op de teeltinvloeden.

4.1 Invloed donkerperiode op vaasleven en verdamping

Klachten uit de markt over slecht vaasleven, het optreden van bent-neck en verdroogd blad bij rozen leiden vanaf begin jaren tachtig tot veel onderzoek. De teelt van rozen was veranderd: door belichting was men in staat ook in de winter te produceren.

Omdat de productie direct gerelateerd is aan de duur van de belichting, ging men al gauw 24 uur belichten. Het ontbreken van een donker periode leidde echter tot (17 en 18) overmatige verdamping na de oogst.

Wanneer de donkerperiode ontbreekt, of te kort is, blijken de huidmondjes niet meer te sluiten tijdens het vaasleven en verdampt de tak meer dan hij kan opnemen (Figuur 13).

Dit leidt tot waterstress, en vaak ook tot bent-neck en bladverdroging.

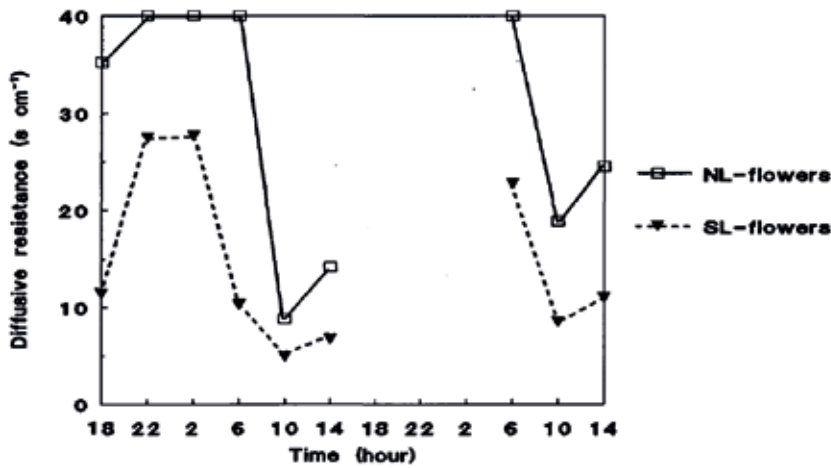
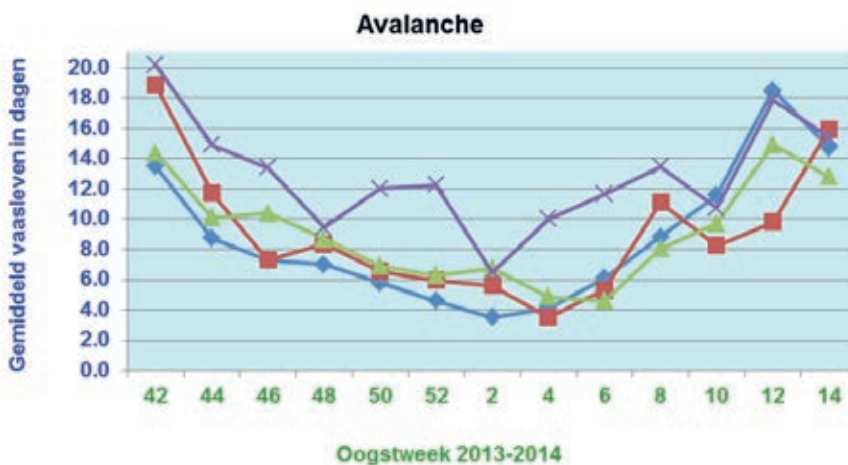


Figure 4 Stomatal diffusive resistance of cut roses grown with (SL-flowers) or without (NL-flowers) supplemental lighting, placed in the vase at 12 h light/day (6.00-18.00 h).

Figuur 13 Huidmondjesweerstand tijdens de vaasperiode, van het blad van rozen (cv 'Sonia'), geteeld zonder bijbelichting (NL) en met bijbelichting tot een daglengte van 20 uur (SL). (18) Hoe hoger de weerstand hoe verder de huidmondjes gesloten zijn. Een waarde van 40 s/cm wil zeggen dat de huidmondjes volledig gesloten zijn.

Sommige rassen reageren sterker dan andere op het uitblijven van een donkerperiode (37). In het ras Avalanche, blijkt 50,3 % van de verschillen in vaasleven tussen periodes en telers (Figuur 14) door de duur van het donkerperiode te worden verklaard (9). Met behulp van een regressiemodel verkregen na onderzoek bij vier telers gedurende 2 winters kan worden berekend dat 1 uur langer donker aanhouden, 0,6 dagen vaasleven oplevert.



Figuur 14 Vaasleven van de roos Avalanche+ voor vier bedrijven die in de winter van 2013/2014 deelnamen aan het project "Kwaliteitsplan roos", (lit. 9). Verschillende kleuren corresponderen met een ander bedrijf.

4.2 Invloed hoge RV tijdens de teelt op vaasleven en verdamping

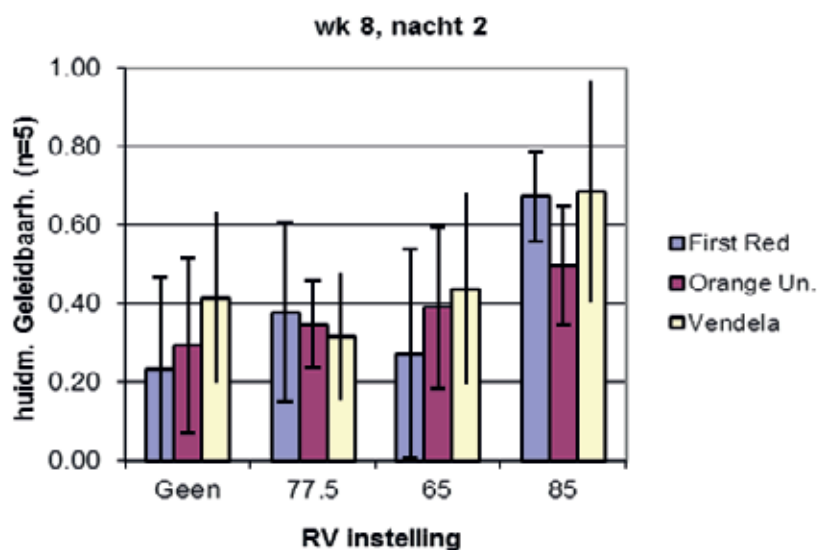
N.a.v. veel onderzoekresultaten kan gesteld worden dat naarmate de RV over langere perioden hoog is, de houdbaarheid na de oogst minder wordt. Dit geldt voor veel verschillende sierteeltgewassen.

Als de bloemen langdurig geteeld worden onder hoge RV sluiten de huidmondjes minder goed, dan wanneer ze geteeld worden onder lagere RV of met wisselende RV's (Figuur 15).

Bij teelt onder hoge RV is de verdamping tijdens het vaasleven hoger dan van gewassen geteeld onder lagere RV, en wordt de verdamping in de donkerperiode in de uitbloeiruimte niet minder. Gecorrigeerd voor verschillen in bladoppervlak, kan geconcludeerd worden dat het waterverlies per vierkante centimeter duidelijk groter is bij bloemen geteeld onder hoge RV.

De mate waarin langdurig hoge RV tijdens de teelt de verdamping in de kas en na de oogst beïnvloedt is uitgebreid gedocumenteerd bij verschillende gewassen.

Hieronder per gewas enkele voorbeelden. Maar eerst iets over de begrippen RV (relatieve luchtvochtigheid) en VPD (Vapour Pressure Difference = dampdruk verschil)



Figuur 15 Huidmondjes geleidbaarheid in de donkerperiode van 3 rozencultivars, geteeld bij verschillende RV instellingen (37). Een hoge geleidbaarheid wil zeggen dat de huidmondjes ver open staan.

4.2.1 RV of VPD?

In kasproeven, vooral oudere kasproeven, is als maat voor de hoeveelheid vocht in de lucht veelal de Relatieve Luchtvochtigheid (RV) gebruikt. Voor verdamping en CO₂ opname wordt de verdampingsruimte echter niet door de relatieve gehalte aan vocht in de lucht bepaald, maar door het verschil in dampdruk (Vapour Pressure = VP) tussen het huidmondje en de buitenlucht, de zogenaamde VPD (=Vapour Pressure Difference). En dit is weer afhankelijk niet alleen van de luchtvochtigheid, maar ook van de temperaturen in en buiten het blad.

Bij een positief dampdrukverschil tussen het huidmondje en de lucht is er ruimte voor verdamping; als het dampdrukverschil 0 is of negatief, dan is de verdamping verhinderd.

De RV in de holte achter het huidmondje (de ademholte) is altijd 100%. Als buiten ook 100% is, en de temperaturen van blad en lucht gelijk zijn, bij voorbeeld 20°C, dan is er geen ruimte voor verdamping (bij beide is er een dampdruk van 2,4 kPa, en het verschil in dampdruk is 0). Bij 20°C buiten maar een RV van 80%, is de dampdruk buiten 1,8 kPa, en het verschil met binnen 0,6 kPa, dus is er ruimte voor verdamping.

Stel de situatie voor waarbij de kaslucht 20°C is bij een RV van 100%, een VP zoals vermeld van 2,4 kPa, maar onder invloed van straling warmt het blad op tot 23°C. Dan is er, ondanks de hoge buiten RV, verdamping mogelijk. De VP van het blad is namelijk 2,8 kPa, en het verschil met buiten 0,4 kPa.

Meer voorbeelden van of er verdampingsruimte in de kas is, zijn uitgewerkt in Tabel 1.

Uit de tabel blijkt dat zowel een tijdelijke verlaging van de RV (bijv. situatie 1 en 2) of een tijdelijke verhoging van de kasluchttemperatuur een sterk effect hebben op het VPD (situatie 9 en 10).

Lage nachttemperatuur, in combinatie met bladtemperatuur onder de kasluchttemperatuur (door bij voorbeeld uitstraling, zie 7.7) zoals in situatie 7 voorkomt geeft een negatieve VPD, dus verhindert de verdamping.

Tabel 1

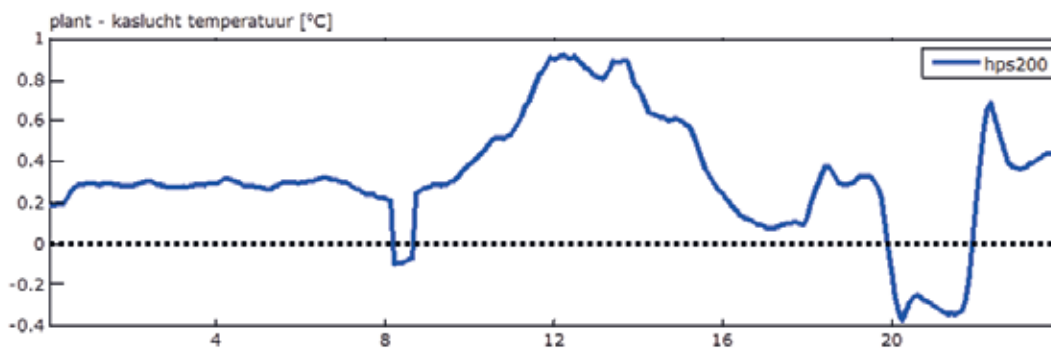
Verdampings ruimte bij bepaalde kaslucht RV afhankelijk van lucht/bladtemperatuur.

situatie	T kas °C	T blad °C	RV %	dampdruk kas kPa	dampdruk blad kPa	VPD kPa	verdamping ja/nee
1	22	22	90	2,4	2,7	0,27	ja
2	22	20	90	2,4	2,3	< 0	nee
3	22	22	80	2,2	2,7	0,53	ja
4	22	20	80	2,2	1,97	0,22	ja
5	17	20	90	1,8	2,3	0,6	ja
6	17	17	80	1,55	1,95	0,4	ja
7	17	14	90	1,8	1,6	< 0	nee
8	15	17	90	1,55	1,95	0,4	ja
9	25	23	75	2,3	2,8	0,44	ja
10	25	25	75	2,3	3,1	0,8	ja

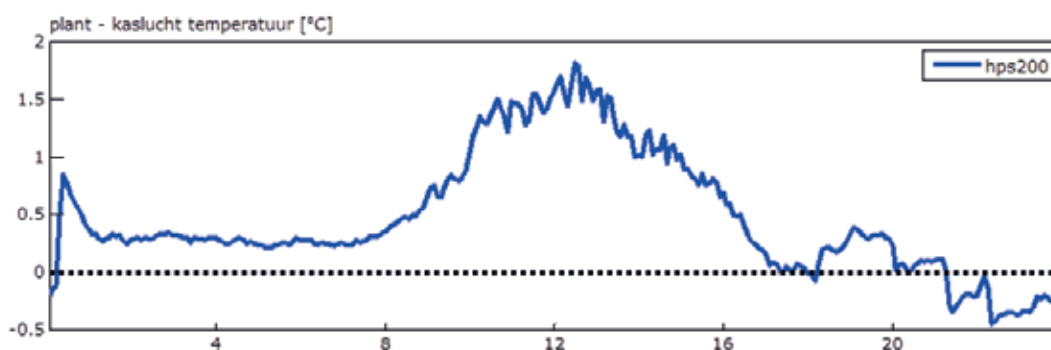
In de meeste geraadpleegde literatuur is geen bladtemperatuur gemeten. De vraag rijst daarom of de beschikbare literatuur, nog op basis van RV geproduceerd, nog goed bruikbaar is.

We kunnen deze vraag met ja beantwoorden. Als de verschillen in temperatuur tussen blad en ruimte klein zijn, dan is praten over RV even betrouwbaar als praten over VPD. Uit een recente praktijksituatie blijkt dat over de wintermaanden, december en januari, (Figuur 16) de planttemperatuur en de ruimte temperatuur inderdaad dicht bij elkaar liggen: overdag is de plant gemiddeld 0,8 graden warmer dan de lucht; 's nachts met lampen aan 0,2 tot 0,3 graden warmer. In het donker zakt de temperatuur van het blad 0,3 tot 0,4 graden onder de ruimte temperatuur. Van half januari tot en met april (Figuur 17) neemt het verschil overdag iets toe, tot gemiddeld bijna 2 graden, omdat de plant onder invloed van instraling opwarmt. Naar het voorjaar toe verdwijnen de houdbaarheidsproblemen.

Daarnaast zijn de verschillen in RV die tussen behandelingen in de onderzoeken uit de literatuur werden aangelegd in de regel groot. In die situaties zou zelfs als er verschil is in de temperatuur tussen blad- en kasluchttemperatuur bij de behandelingen, de verdampingsruimte tussen de behandelingen in de winter nog wel degelijk verschillend zijn geweest.



Figuur 16 Cyclisch gemiddeld over de maanden december en januari van het verschil plant minus ruimtetemperatuur bij een praktijksituatie (bewerkt uit lit. 8)

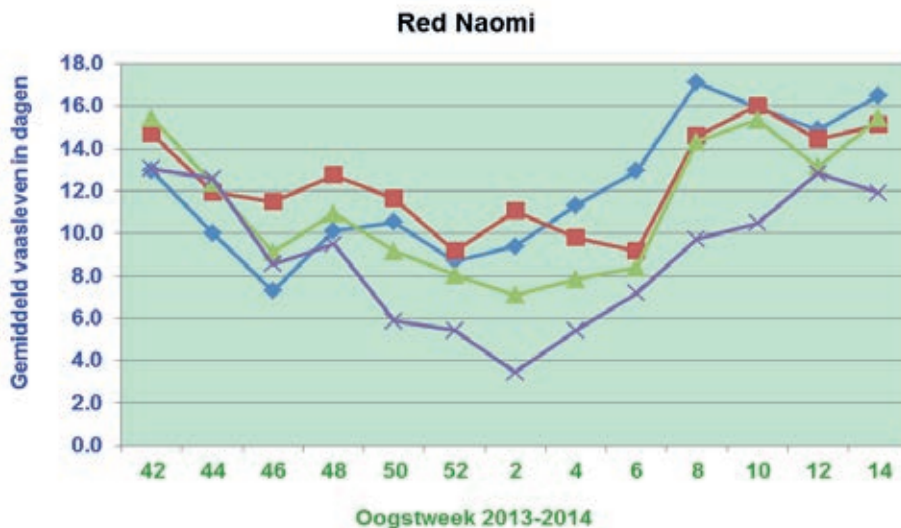


Figuur 17 Cyclisch gemiddeld over de maanden januari tot en met april van het verschil plant minus ruimtetemperatuur bij een praktijksituatie (bewerkt uit lit. 8)

4.2.2 Roos

Eind jaren negentig zijn in Nederland een tweetal bedrijfsvergelijkende onderzoeken uitgevoerd onder een groot aantal rozentelers. Het eerste onderzoek, uitgevoerd met het ras 'First Red' leverde als belangrijkste conclusie een sterke samenhang tussen vaasleven en RV op. Des te hoger de gemiddelde RV, des te korter het vaasleven (35).

Het tweede bedrijfsvergelijkend onderzoek (36), uitgevoerd bij vier rassen, bevestigde de resultaten voor 3 van de vier rassen. Vervolgens is in een proef met drie rassen, waaronder First Red, getracht de houdbaarheid te beïnvloeden door bewust de RV te sturen. Hiertoe werd de RV (en dus ook het vochtdeficiet) in vier trappen gevarieerd (37). Uit deze proef kwam een duidelijk oorzakelijk verband tussen vaasleven en langdurende hoge RV/lage vochtdeficiet, met als fysiologische verklaring een belangrijke rol van de huidmondjes.



Figuur 18 Vaasleven roos Red Naomi voor 4 bedrijven die in de winter van 2012/2013 deelnamen aan het project "Kwaliteitsplan roos", (lit. 9). Verschillende kleuren corresponderen met een ander bedrijf.

Ook in Noorwegen is tussen 1995 en 2005 veel onderzoek gedaan naar de houdbaarheid van rozen onder verschillende RV condities (soms verweven met variaties in de duur van het donkerperiode). Gemiddeld over 14 rassen (38) nam het vaasleven van bloemen geteeld met een donkerperiode van 6 uur met 30% af als de bloemen geteeld werden onder een RV van 91% (VPD 0,2 kPa) ten opzichte van controle planten geteeld bij 75% (VPD 0,5).

Het jongste bedrijfsvergelijkend onderzoek dat in Nederland is uitgevoerd onder rozentelers, in dit geval van de 2 belangrijkste rassen Red Naomi! (Figuur 18) en Avalanche+, is het eerder genoemde "Kwaliteitsplan roos" (9). Uit deze vergelijking blijkt, naast de eerder genoemde relatie met de duur van het donkerperiode bij Avalanche+, een sterke relatie voor beide rassen met de teelt RV, als volgt: het verlagen van de RV met 5% tijdens de teelt, levert bij beide cultivars 1,2 dagen extra houdbaarheid op.

4.2.2.1 Invloed ras op reactie op langdurig hoge RV tijdens de teelt.

Uit de bedrijfsvergelijking met 4 rassen (36) bleek van de drie onderzochte rassen er één, de cv Red Berlin, die omgekeerd reageerde op de andere drie: dat wil zeggen dat de houdbaarheid verbeterde naarmate de teelt RV hoger was.

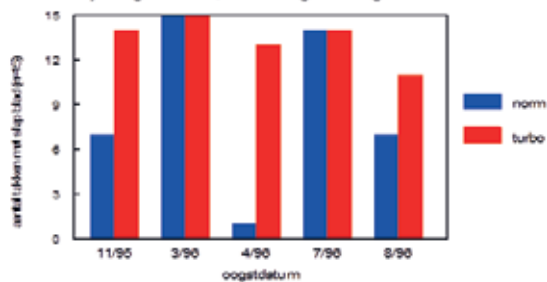
Nog een uitkomst van het Noors onderzoek met 14 rassen (38) bij hoge RV al dan niet in combinatie met het uitblijven van een donker periode, was dat rassen in hoge mate kunnen verschillen in hun gevoeligheid voor uitdroging na de oogst na teelt bij hoge RV en/ of zonder donkerperiode. Er waren 5 rassen waarbij het vaasleven met "maar" 20% afnam bij teelt onder hoger RV: Frisco, Golden Gate, Escimo, Dream en Kardinal.

Dat er een genetische basis is voor de RV-gevoeligheidsverschillen is recent bevestigd door een experiment (1) waarbij 60 genotypen van een rozenpopulatie geteeld zijn onder hoge RV (>85%); de populatie bestond uit zaailingen waarvan de 'ouders' extreem verschilden in hun gevoeligheid voor uitdroging tijdens een 'blaadjes-toets' (50 of 80% verlies aan watergehalte na 4 uur blad-uitdroging). Het verlies aan water tijdens de 'blaadjes-toets' van de zaailingen bleek te variëren tussen 35 en 95%.

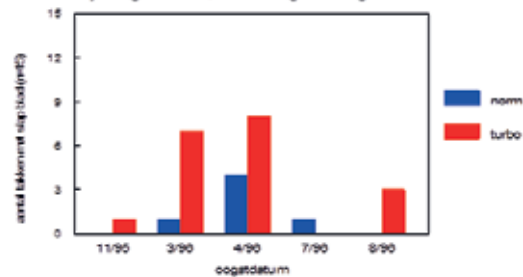
4.2.3 Chrysant

Bij chrysant is al eind jaren '90 gevonden dat een zogenaamde turboteelt, waarbij de luchtramen langer gesloten bleven, waardoor temperatuur en RV hoger was, meer slap blad (Figuur 19) tijdens het vaasleven veroorzaakte (Slootweg, 1999, ongepubliceerd).

'Cassa', slap blad na 2 dagen in de vaas
afsnijhoogte 10cm, 1 u droog + 1 dag bewaren



'Reagan', slap blad na 2 dagen in de vaas
afsnijhoogte 10cm, 1 u droog + 1 dag bewaren



Figuur 20 Het effect van een zgn. Turboteelt (waarbij de luchtramen langer gesloten bleven) op het optreden van slap blad tijdens het vaasleven van chrysant cv 'Cassa' (links) en cv Reagan (rechts).

4.2.4 Bouvardia

In 1998 is in een teeltproef Bouvardia geteeld bij een (gerealiseerde) RV van 60% en 70%. Ondanks dit kleine verschil trad er bij de bij 70% geteelde bloemen meer slap blad op. Een verhoging van de RV gedurende de laatste dagen of weken voor de oogst tot boven 90% veroorzaakte meestal meer slap blad. Een verlaging van de RV gedurende de laatste paar weken voor de oogst met 10% (van 70% naar 60%) gaf geen reductie van het optreden van slap blad (10).

4.2.5 Lelie

In een proef in 2006 zijn lelies geteeld bij verschillende RV's. De etmaaltemperatuur en het lichtniveau werden gelijk gehouden in alle behandelingen. In één afdeling werden de lelies belicht. In deze proef kwam na de oogst volop papierblad voor. De RV tijdens de teelt bleek enorm van invloed op het ontstaan van papierblad na de oogst. Hoe hoger de RV in de kas des te sneller er na de oogst op de vaas papierblad ontstond en des te heftiger de symptomen waren.

In Crystal Eye, Muscadet, StarGazer en Vermeer was de weerstand van de huidmondjes het hoogst in de lelies die in de kas bij een RV tussen de 70 en 80% werden geteeld. Hoe hoger de RV tijdens de teelt des te lager de weerstand (dus hoe verder de huidmondjes open stonden). Dit betekent dat de verdamping van de bladeren van deze cultivars die onder een RV tussen de 90 en 100% werden geteeld het grootst was tijdens het vaasleven.

4.2.6 Hortensia

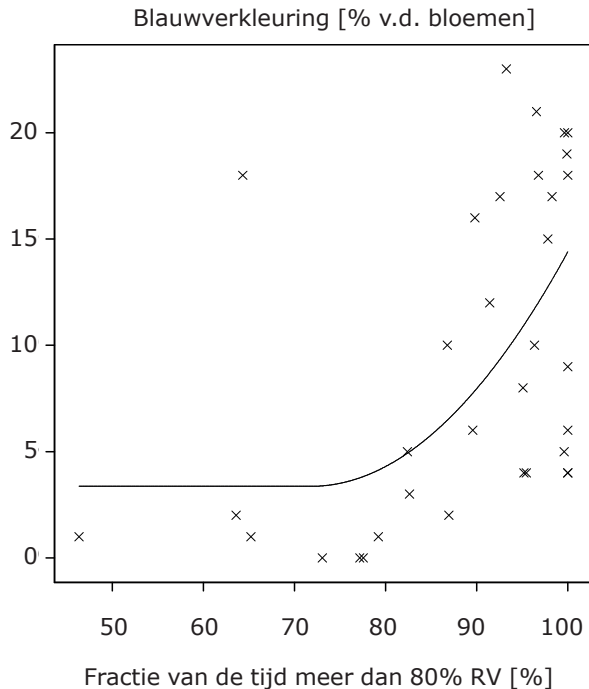
Uit onderzoek in 2012 tussen 6 telers bleek een verband te zijn tussen de teelt RV en het vaasleven van het ras Schnee (45). Het vaasleven verbeterde als de gemiddelde RV in de 8 weken voor de oogst lager was dan 80%. Ook is er een opvallend goede correlatie gevonden tussen teelt RV en de lengte van de houtvaten: bij teelt onder hoge RV zijn de houtvaten langer dan bij teelten onder gemiddeld lagere RV's. Verondersteld wordt dat langere houtvaten gevoeliger zijn voor vaatverstopping door luchtembolie na de oogst.

4.2.7 Helleborus

Het optreden van slappe stelen na de oogst bij Helleborus orientalis Queens, lijkt ook in grote mate af te hangen van de hoge RV's tijdens de teelt (12). Bij deze, overwegend koude teelt is uit metingen gebleken dat deze lange periodes continu boven de 95% kunnen liggen. Een kortstondige warmtestoot in de vroege ochtend leidde tot een verlaging van de RV gedurende enkele uren per dag, en dit vertaalde zich in een lichte verbetering van het vaasleven.

4.2.8 Anthurium

Uit onderzoek naar oorzaken van blauwverkleuring (13) bleek dat dit probleem ook aan hoge RV is gerelateerd: als de RV meer dan 75% van de tijd in de kas hoger is dan 80%, treedt er blauwverkleuring op (Figuur 20). Dit kwam het vaakst voor bij telers die de kas aan de binnenkant met een dichte plastic folie, zonder luchtuitwisseling met de ruimte boven het plastic, ter isolatie "bekleden".



Figuur 20 Invloed langdurig hoge RV in de teelt op het optreden van blauwverkleuring bij Anthurium (13). Op de y-as het percentage bloemen uit een partij die tijdens de uitbloei blauw worden. Op de x-as het percentage van de tijd (in 5 minuten intervallen) dat de RV van de kaslucht hoger was dan 80%. Als meer dan 80% van de tijd er een RV van 80% of hoger heerst, dan neemt het percentage bloemen met blauwverkleuring exponentieel toe.

4.3 Andere teeltinvloeden

Mogelijk spelen andere factoren dan de duur van het donkerperiode en de teelt RV een rol in de waargenomen beïnvloeding van de verdamping en het vaasleven, maar in het onderzoek zijn weinig andere relaties gevonden.

4.3.1 Invloed CO₂ concentratie

Bij Anthurium was de invloed van aanhoudend hoge RV op het optreden van blauwverkleuring versterkt door hoog CO₂: als de CO₂ concentratie meer dan 20% van de tijd hoger was dan 700 ppm, nam de incidentie van blauwverkleuring sterk toe.

4.3.2 Invloed temperatuur

In een vergelijkend onderzoek bij Red Naomi en Avalanche (lit 9) is bij Red Naomi gevonden dat 26% van de verschillen verklaard worden door de hoge RV, maar er zijn ook effecten gevonden van de temperatuur: fluctuaties groter dan 1°C, temperaturen boven 25°C en elke 20 minuten warmer dan 20 graden in de kas levert 0,6 dagen langer vaasleven op.

Het is aannemelijk dat het positief effect van de temperatuur te danken is aan het indirect effect ervan op het verlagen van de RV en het verhogen van de VPD en dus het ontstaan van verdampingsruimte. Fluctuaties in temperatuur op hun beurt zorgen voor meer dynamiek in VPD's.

4.3.3 Invloed licht

Dat de houdbaarheidsproblemen zich vooral in de winter voordoen doen vermoeden dat het licht, of juist het gebrek eraan in de Hollandse en Scandinavische winter, een rol moet spelen in het ontstaan ervan. Tot nu is licht echter niet als een sterke verklarende factor uit de diverse onderzoeken uitgekomen. Alleen bij Avalanche (9) kwamen fluctuaties in PAR licht groter dan $20 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ als een factor die een bescheiden 2,6% van de verschillen tussen telers verklaarde; de voorspelling van het verkregen regressiemodel was wel dat bij elke 20 keer een fluctuatie van $20 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$, er een verbetering van het vaasleven optrad van 0,6 dagen.

Een sterke rol voor licht zou impliceren dat in de zomer bij veel instraling de houdbaarheid van rozen altijd goed zou zijn. Uit een recent onderzoek met roos (7) is echter gebleken dat, als de RV in de zomer door koeling en onvoldoende ventilatie te hoog is, dit ook tot een aanzienlijke verlaging van het vaasleven leidt. Hiermee lijkt de rol van de RV te prevaleren boven de rol van licht.

5 Invloed teelt bij hoge RV op de huidmondjes

Inmiddels is het algemeen bekend dat klimaatfactoren tijdens de teelt een grote invloed hebben op de aanleg van huidmondjes tijdens de ontwikkeling van het blad. Licht, CO₂ en RV tijdens de teelt hebben invloed op de anatomie en dichtheid van de huidmondjes (1, 27, 29, 30); en dit heeft ook enige invloed op de verdamping.

Beïnvloedt wordt zowel het aantal per bladoppervlakte eenheid de (huidmondjes dichtheid) als de huidmondjes index (het aantal huidmondjes in relatie tot het totaal aantal bladcellen). Ook de anatomie (vorm en grootte) en de fysiologie (regulatie van de opening in respons op verschillende omgevingsfactoren) worden door klimaatfactoren bepaald. Blad in ontwikkeling ontvangt hiervoor signalen uit het oude blad, en vangt zelf signalen op, die de aan te leggen huidmondjes bepalen. Als het blad tot de helft van haar maximale grootte is uitgegroeid, is de ontwikkeling van de huidmondjes voltooid.

Een recent literatuuroverzicht (29, 30) geeft de invloed van alle factoren op de huidmondjes dichtheid en anatomie gedegen weer. Twee recente proefschriften (1, 2) zijn gewijd aan de invloed van aanhoudend hoge RV op de huidmondjes fysiologie. We concentreren ons hier op alléén de effecten op dichtheid, anatomie en fysiologie die toegeschreven worden aan hoge RV.

Aanhoudend hoge RV tijdens de teelt beïnvloedt ook de verdamping via de waslaag bij (kunstmatig) gesloten huidmondjes. In rozen die geteeld zijn onder hoge RV is de verdamping via de waslaag hoger (31% hoger) dan bij gematigde RV. Echter, dit is naar verhouding een klein verschil in vergelijking met de verstoring van de functionaliteit van de huidmondjes.

5.1 Op huidmondjes dichtheid en anatomie

Gewassen geteeld onder aanhoudende hoge RV's hebben in vergelijking met teelt bij gematigde RV's meer huidmondjes, en deze huidmondjes zijn langer. Dit is beschreven voor komkommer, tomaat, paprika, hazelaar, chrysant en roos (1). Het feit dat huidmondjes langer zijn, hoeft nog niet de verklaring te zijn dat ze niet (helemaal) kunnen sluiten. Er zijn echter aanwijzingen dat langere huidmondjes langzamer sluiten, en soms niet meer helemaal kunnen sluiten. Het tegendeel is ook beschreven: huidmondjes die onder langdurige waterstress zijn gevormd zijn kleiner en sluiten sneller bij watergebrek. Blijkbaar kan er een 'mechanische' correlatie tussen lengte en sluitingssnelheid zijn.

5.1.1 Voordelen van meer en langere huidmondjes

Het feit dat planten die opgroeien bij een hoge RV meer en grotere huidmondjes 'maken' wijst er op dat dit een voordeel kan zijn voor de plant. Het is aannemelijk dat dit voordeel bij de CO₂ opname zit: meer en grotere huidmondjes geven minder weerstand voor CO₂-opname.

Dit gegeven kan bij schaduwminnende gewassen (potplanten) gebruikt worden (30) voor het positief beïnvloeden van de fotosynthese en de groei: bij Anthurium, Cymbidium, Miltonia en Spathiphyllum leidde hoge RV tot een 13-38% hogere huidmondjes index. Bij Areca en Miltonia waren de huidmondjes ook groter, en bij alle gewassen stonden deze ook nog verder open. Als gevolg van deze veranderingen, was de fotosynthese 20-50% hoger en leidde het tot 35% meer groei binnen een periode van 10 weken teelt bij hoge RV.

Voor de gewassen waarbij de in hoofdstuk 3 beschreven problemen optreden, is waarschijnlijk meestal de CO₂ opname niet de beperkende factor voor de fotosynthese, maar de lichtsom. Daarmee vervalt het voordeel van meer en langere huidmondjes voor deze gewassen. Ook bij tomaat zijn er aanwijzingen dat de grootte van de huidmondjes een onwaarschijnlijk beperkende factor is voor de snelheid van de fotosynthese (pers. comm. E. Kaiser).

5.2 Op huidmondjes fysiologie

Zoals in hoofdstuk 2 is uitgelegd, een uitontwikkeld huidmondje bestaat uit twee sluitcellen en omringende 'hulpcellen' (Figuur 1). De sluiting en opening van het huidmondjes wordt geregeld door de celdruk (turgor) in de sluitcellen te veranderen. Zoals hiervoor al genoemd, zijn er verschillende stimuli die de sluiting en opening regelen. Hoewel deze stimuli variëren van fysisch (VPD, licht, temperatuur), chemisch (CO₂) tot biologisch (waterstatus, ABA), reguleren ze alle de huidmondjes door de turgor in de sluitcellen te variëren. Een uitgebalanceerde regeling van de huidmondjes stelt een plant in staat om zoveel mogelijk CO₂ op te nemen zonder te veel uit te drogen.

Huidmondjes die gevormd zijn in teelt bij hoge RV regeren minder of helemaal niet op de signalen om te sluiten. Er zijn vele voorbeelden in de literatuur over *in vitro* vermeerdering ('weefselkweek'). In de kweekbuizen heerst continu een RV van 100%. Overleving van plantjes 'uit de buis' naar kasomstandigheden is moeilijk omdat de huidmondjes niet sluiten. Deze huidmondjes reageren niet meer op triggers als ABA, lage waterpotentiaal, donker en hoog CO₂.

Ook bij groei bij minder extreme RV's dan in *in vitro* cultuur blijken huidmondjes niet meer te reageren op sluitingssignalen. Dit leidt tot verlies in naoogstkwaliteit.

De fysiologische verklaring waarom huidmondjes niet reageren op sluitingstriggers is nog niet helemaal rond. Duidelijk is wel dat het plantenhormoon ABA een centrale rol speelt. Waarschijnlijk moeten huidmondjes tijdens de ontwikkeling aan een zeker niveau van ABA worden blootgesteld. Dit hormoon wordt aangemaakt wanneer een plant (water-)stress heeft. Wanneer een plant geen stress heeft is het ABA gehalte in de bladeren zeer laag. ABA toediening aan het groeimedium in de buis kon zelfs bij *in vitro* plantjes de huidmondjes functioneel houden. Mutante planten die geen ABA aanmaken zijn constant verwelkt omdat ze veel verdampen. Langdurige toediening van ABA aan deze mutante planten kan de verwelking opheffen.

In 2005 (39) kwam er indirect bewijs dat huidmondjes functioneel blijven door droogtestress. De houdbaarheid van rozen verbeterde wanneer tijdens teelt bij hoge RV een zeer zware droogtestress werd aangelegd. Onderzoek bij *Tradescantia* liet zien dat bladeren die bij constant hoge RV waren gegroeid een laag ABA gehalte hadden, en dat de functionaliteit van de huidmondjes kon worden verbeterd door langdurig ABA toe te dienen. Hiermee is de link tussen waterhuishouding, droogtestress en ABA geïllustreerd.

Huidmondjes verliezen hun functionaliteit dus wanneer het ABA gehalte in het blad steeds zeer laag is. Een hoger ABA gehalte gedurende langere tijd zorgt voor behoud van de functionaliteit. Dit wijst er op dat het ABA gehalte **tijdens de ontwikkeling** van de huidmondjes belangrijk is.

De aanmaak van ABA wordt gestimuleerd door droogtestress in de plant. Deels reageert het blad zelf door ABA aan te maken, deels wordt in de wortels de ABA productie verhoogd, en wordt dit naar de bovengrondse delen getransporteerd. In het blad zorgt ABA voor een adequate reactie op waterstress, nl het sluiten van de huidmondjes.

Plantenhormonen worden aangemaakt, en ook weer afgebroken in de cel. De afbraak voorkomt ophoping van het hormoon, en door de snelheid van aanmaak en afbraak te reguleren kan een plant zo de hormoonconcentratie reguleren. Soms wordt een hormoon niet geheel afgebroken, maar als een niet-actieve vorm opgeslagen in de cel. Deze niet-actieve vorm kan snel weer in actieve vorm worden omgezet en dient zo als voorraad van dit hormoon. ABA concentraties in de cel worden ook zo gereguleerd.

Een plantenhormoon brengt een fysiologische reactie tot stand door een signaal-reactieketen te starten die uiteindelijk genen en enzymen activeert die voor de reactie zorgen (bijvoorbeeld: export van stoffen de cel uit naar de omgeving, zodat de celspanning daalt). In cellen van planten die bij hoge RV groeien zijn de ABA concentraties altijd laag, en zal deze signaal-reactieketen nooit plaatsvinden. Wanneer de huidmondjes zijn uitontwikkeld zonder ooit een werkzame ABA concentratie te hebben gehad zijn ze waarschijnlijk niet functioneel.

Een verhoging van ABA tijdens de ontwikkeling is dus nodig om functionaliteit van huidmondjes te **induceren**. In *Tradescantia* bleek ook dat het voor het **behoud** van functionaliteit belangrijk is.

Uit bovenstaande blijkt dat een stimulus voor de aanmaak van ABA er voor zorgt dat het ABA gehalte in het blad stijgt. Wanneer dit tijdens de ontwikkeling van de huidmondjes plaatsvindt zullen de huidmondjes gedurende langere of kortere tijd reageren op ABA door de signaal-reactieketen uit te voeren en zo functioneel te blijven. Het is niet tot in detail bekend hoe lang deze functionaliteit 'behouden' blijft nadat het ABA concentratie weer laag is geworden.

Van een aantal gewassen reageren niet-functionele huidmondjes nooit meer op ABA. Dit kan komen omdat de 'herkenning' van het ABA signaal niet is vastgelegd tijdens de ontwikkeling. In Noors onderzoek (4) is gevonden dat sluitcellen van niet-functionerende huidmondjes de gevoeligheid voor het ABA verloren hebben.

De huidmondjes van planten die bij hoge RV zijn geteeld reageren niet alleen meer op ABA, maar ook niet op de andere signalen tot sluiting. Dit komt deels omdat deze prikkels via ABA lopen (met name droogte prikkels). Maar ook de andere signalen moeten uiteindelijk de sluiting van de huidmondjes bewerkstelligen via de afname van de turgor. Het is dus ook mogelijk dat ook de regulering van de turgordruk van de sluitcellen veranderd is door hoge RV. Hierbij komt Calcium in beeld.

5.2.1 Relatie met mineralentransport

Calcium speelt een belangrijke rol bij de signaal-reactieketen.

Het transport van mineralen vanuit het wortelsubstraat naar de bovengrondse delen van de plant is deels afhankelijk van de verdamping. Onder andere calcium is hiervan volledig afhankelijk. Calcium kan namelijk alleen via de houtvaten worden getransporteerd, en dus alleen via de verdamping en via worteldruk. Calcium is een belangrijk element voor de signaal overdracht van prikkels van buiten de cel naar binnen. Wanneer bijvoorbeeld een plantenhormoon aan de buitenste membraan van de cel bindt, zorgt calcium er voor dat er binnen in de cel op gereageerd wordt. Dit heet signaaltransductie.

Bij teelt met een aanhoudend hoge RV kan calciumgebrek optreden in de bovengrondse delen. Vooral niet-verdampende delen van de plant komen dan calcium te kort.

Het is de auteurs niet duidelijk of calciumgebrek de oorzaak kan zijn van het ontbreken van een reactie in de sluitcellen op ABA. Er is naar onze kennis geen literatuur over. Er is echter zeer weinig calcium nodig voor de signaaltransductie. Er zou een zwaar calciumgebrek moeten optreden om deze signaaltransductie te belemmeren.

6 Het Nieuwe Telen (HNT) en RV

De invloed van de principes van Het Nieuwe Telen (20) op de luchtvochtigheid in de kas worden in de publicatie als volgt beschreven:

De basis van HNT: multifactorele balansbenadering

Door Wageningen UR is, in het kader van Kas als Energiebron, bij potplantenonderzoek de multifactorele balansbenadering gekozen, met spectaculaire resultaten tot gevolg. Hierin werd gestuurd op meer licht, meer CO₂, hogere RV (aanmaak) in combinatie met het verhogen van de temperatuur (verbruik).

Door de multifactorele balansbenadering is in Het Nieuwe Telen een andere kijk ontstaan op de manier van luchten. Door toenemend licht samen te laten gaan met een hoger CO₂-niveau in combinatie met het behouden van een voldoende hoge luchtvochtigheid kan het gewas het licht optimaal omzetten in assimilaten. Dit kan onder andere worden bereikt door bij toenemend licht zo beperkt mogelijk te luchten. Dat bij een hogere temperatuur toch een krachtig, vitaal gewas ontstaat komt doordat de aanmaak van assimilaten sterk is gestegen. Balans ontstaat zo op een hoog niveau van aanmaak én verbruik van assimilaten. Traditioneel is men gericht op ruim luchten om de kas zo koel mogelijk te houden bij hoge instraling. Deze strategie is dus gericht om het verbruik zo laag mogelijk te houden (verbruik benadering). Doordat er dan ook balans ontstaat, lijkt er geen reden te zijn om hiervan af te stappen. Echter met deze luchtingstrategie ontstaat balans op een laag niveau. Tegenover een laag verbruik door lage temperatuur staat ook een lage aanmaak van assimilaten. Toenemend licht gaat dan namelijk samen met een laag CO₂-niveau en lage luchtvochtigheid, waardoor de huidmondjes ook nog eens deels sluiten waardoor de CO₂ minder goed wordt opgenomen. Het licht wordt dus niet optimaal benut.

De vochtbalans van het gewas overdag, voorkomen van waterstress

Bij hoge instraling wordt de hoogte van de verdamping vooral bepaald door de fluitketelverdamping. Door de luchtvochtigheid voldoende hoog te houden zullen de huidmondjes in staat blijven om open te blijven en dus CO₂ op te blijven nemen. Door de hogere luchtvochtigheid zal de nattebolverdamping lager zijn. Hierdoor kan het gewas makkelijker de waterbalans in evenwicht houden en waterstress voorkomen. Dit kan onder andere worden bereikt door de raamstand te beperken en een hogere temperatuur toe te staan.

De vochtbalans van het gewas in de nacht, vochtterstel voor temperatuur

Op een dag met hoge instraling wordt een deel van het voor de verdamping benodigde water onttrokken aan het gewas (zie hoofdstuk 2.8). Op het einde van de dag en met name tijdens de nacht zal de wateropname nodig zijn om dit te herstellen en de nieuw gevormde cellen te laten strekken.

Herstellen van de luchtvochtigheid ondersteunt dit proces doordat onttrekking van vocht door de nattebolverdamping laag wordt gehouden. Het herstellen van de luchtvochtigheid met het beperken van de raamstand heeft in de nacht de voorkeur. Dit moet ook weer niet te snel gaan (maximaal het vochtdeficiet laten dalen met 3 gram/m³.uur) om te snelle opbouw van worteldruk te voorkomen. Ruim luchten voor het verlagen van de temperatuur zal juist een averechts effect hebben, doordat het vochtdeficiet van de kaslucht en daarmee de nattebolverdamping hoog blijft. Hierdoor herstelt de vochtbalans onvoldoende en zal het gewas de volgende dag zwakker beginnen.

Uit bovenstaande blijkt dat het Nieuwe Telen er sterk op is gericht om de huidmondjes open te houden om fotosynthese mogelijk te houden, voor een maximale productie.

Dit is een voordeel voor producten die geen last hebben van waterverlies na de oogst, m.a.w. vooral voor vruchtgroenten, en mogelijk ook voor sierteeltproducten die geen blad aan de steel hebben of weinig verdampend oppervlak. Zolang het blad aan de intacte plant in de kas zijn waterhuishouding op een goed peil kan houden is een hoge geleidbaarheid van de huidmondjes, en zelfs het niet functioneren ervan, geen probleem.

Ook blijkt uit het bovenstaande dat de omschreven situaties gelden bij hoge instraling. De problemen met korter vaasleven door niet-functionele huidmondjes die in de voorgaande hoofdstukken zijn omschreven doen zich voor in de winter met hele lage instraling (soms met veel belichting). Het is in die situaties niet nodig om waterstress door hoge instraling tegen te gaan met hoge RV.

Het Nieuwe Telen is nog niet "AF". Tijdens een kennisinteractiebijeenkomst (Bijlage 1 en 2) licht Aat Dijkshoorn toe dat Het Nieuwe Telen continu in ontwikkeling is. De definitie die momenteel gehanteerd wordt, is:

Optimaal Telen in Balans met toepassing van Kennis uit de Natuurkunde en Plantfysiologie.

In deze definitie staat het gewas staat centraal en is er meer ruimte voor dynamiek in het klimaat.

7 HNT toepassen met behoud van huidmondjes functionaliteit bij siergewassen

Duidelijk is dat Het Nieuwe Telen tot spectaculaire energiebesparingen heeft geleid, met als toegevoegd voordeel een verbetering van de productie bij vruchtgroente gewassen en potplanten. Het Nieuwe Telen stoeit onder andere op telen bij hogere RV's, al dan niet met geforceerde ventilatie.

Aan de andere kant is het een onmiskenbaar feit dat telen onder aanhoudend hoge RV bij siergewassen leidt tot niet-functionele huidmondjes; deze huidmondjes reageren niet op de gebruikelijke sluitsignalen (ABA, donker, droogtestress), waardoor na de oogst de takken te veel verdampen en een slechte houdbaarheid hebben.

De uitdaging is om snijbloemen energiezuinig te telen, volgens de principes van Het Nieuwe Telen, en toch de huidmondjes functioneel houden.

Een praktische aanpak om een oplossing te vinden is gebruik te maken van de kennis dat de functionaliteit van de huidmondjes gedurende de ontwikkeling van het blad nog te sturen is. Wanneer tijdens de ontwikkeling van het blad (nog voor het blad volledig is uitgegroeid) de RV verlaagd wordt, blijken de huidmondjes goed te functioneren (1, 2).

Welke mogelijkheden vinden we in de literatuur, of welke ideeën kunnen we genereren uit de kennis over huidmondjes reacties op diverse stimuli om deze doelen te bereiken? Uit de informatie die in de voorgaande hoofdstukken is gegeven, zou over de volgende maatregelen kunnen worden nagedacht:

- Externe toediening van ABA.
- Periodiek RV verlagen tijdens de teelt.
- Waterstress door beperken irrigatie.
- Luchtbeweging.
- Teelttemperatuur 's nachts verhogen.
- CO₂ in de kaslucht verhogen.
- Voorkomen uitstraling.
- Hanteren donkerperiode.
- Groen licht pulsen aan het begin van de lichtperiode.
- Huidmondjes kennis benutten in de selectie van nieuwe rassen.

In de volgende hoofdstukken gaan we op deze mogelijkheden in.

7.1 Externe toediening van ABA

Toedienen van ABA aan de geogste takken zou een eenvoudige oplossing zijn om huidmondjes te sluiten. Er is literatuur waarin dit beschreven is, omdat er in het verleden in het naoogstonderzoek gezocht is naar anti-transpiranten om de houdbaarheid te kunnen verbeteren. ABA blijkt de huidmondjes van snijbloemen te kunnen sluiten.

Er zijn echter twee grote bezwaren aan het gebruik van ABA: (1) een werkzame concentratie geeft in veel gevallen bladschade. Daarnaast (2) is nu bekend dat niet-functionele huidmondjes niet meer gevoelig zijn voor ABA (1). Ze 'herkennen' deze trigger dus niet of onvoldoende.

Bij snijroos geeft ABA al bij lage concentraties bladschade (pers. comm. C. Slootweg). Bij potrozen leidt de toediening van ABA (als bladbespuiting) tot bladvergelting, bladval, knopabortie, en versnelde bloemveroudering (47); de schade aan de bloemen is een indirect effect van een verhoging van de ethyleenproductie door de plant als gevolg van de ABA behandeling: als de planten vóór de ABA behandeling, begast waren met een ethyleenremmer, trad de schade niet op. De schade aan het blad was onafhankelijk van ethyleen.

Bij Bouvardia blijkt ABA in niet-toxische concentraties wél de verdamping iets te kunnen remmen, wat duidt op een gedeeltelijke sluiting van de huidmondjes (10, 45); dit verminderde aanzienlijk het aantal takken met slap blad, maar kon het, vooral bij de zeer gevoelige partijen, niet volledig voorkomen.

Schade bleef uit ook bij Hortensia (46); uit proeven bleken takken die een oplossing van ABA hadden opgezogen minder te verdampen; uit porometer metingen bleek bij de bladeren van deze takken een lagere geleidbaarheid (gedeeltelijke sluiting) van de huidmondjes dan in bladeren van niet met ABA behandelde takken. Dit was echter niet voldoende om het vaasleven te verbeteren.

Toepassing van ABA in de naoogst vereist een toelating.

Bij Helleborus en Hortensia zijn ook latex-achtige middelen en bladglans coatings over het blad gespoten voor een fysieke afsluiting van de huidmondjes, in beide gevallen zonder meetbare effecten op verdamping noch op het vaasleven.

7.2 Periodiek RV verlagen

Het verlagen van de RV gedurende de hele teelt is moeilijk te verenigen met de energiebesparingsdoelstellingen van HNT. Waarschijnlijk is dit ook niet nodig, omdat er al onderzoeksresultaten zijn die laten zien dat een tijdelijke verlaging van de RV ook al effect heeft op de huidmondjes functionaliteit.

Bij potrozen, geteeld onder continue belichting bij 21°C onder constante RV van 60 of 80%, is aangetoond dat planten, geteeld bij een RV van 80% het vermogen om de huidmondjes te sluiten verloren. Onder invloed van een dagelijkse verlaging gedurende 6 of 12 uur van 80 naar 60% functioneerden de huidmondjes weer normaal (22).

In onderzoek aan continu belichte snijrozen in de kas (33) zijn fluctuaties van de RV onderzocht. Een behandeling met constante RV (80%, 22 °C dus VPD ca 0,5 kPa) werd vergeleken met een behandeling met 6 uur RV-daling tot 65% (VPD=0,9 kPa) dagelijks, tussen 10 en 16 uur. Ook een behandeling met 3 x 2 uur lagere RV verspreid over het etmaal werd onderzocht. De resultaten lieten zien dat de houdbaarheid van de rozen verbeterde door deze RV dalingen. Er was wel verschil tussen cultivars: in 'Amadeus' was het effect zeer sterk: de houdbaarheid werd soms meer dan verdubbeld.

NB: Takken uit een controlebehandeling met 4 uur donkerperiode waren ook beter houdbaar, maar soms niet zo goed als de takken uit fluctuerende RV.

Uit een praktijksituatie (persoonlijke mededeling Marissen) is wel bekend dat takken die langs het betonnen middenpad van een grote kasafdeling hebben gestaan beter functionerende huidmondjes hebben. Dit komt waarschijnlijk doordat de RV daar steeds wat lager is geweest dan midden in het gewas. Mogelijk is op die plek ook meer variatie in RV geweest (niet gemeten).

Blijkbaar is een periodieke overgang van hoge naar lage RV voldoende om het deel van de huidmondjes dat aan het eind van zijn ontwikkeling zit 'voorgoed' goed te laten functioneren. Er is in een gewas een enorme variatie in ontwikkelingsstadium bij de huidmondjes. Dat wil zeggen dat bij een éénmalige verlaging van de RV niet alle huidmondjes toegerust worden met functionaliteit. Huidmondjes die nog in een vroeger stadium zijn zullen door de hogere RV na de periode van lage RV hun functionaliteit weer verliezen. De exacte dynamiek (hoe vaak, hoe lang) van deze impuls tot aanpassing is niet bekend. Termijnen van één tot drie dagen worden genoemd (2), omdat geconstateerd is dat pas na drie dagen een scherpe daling in de ABA concentratie plaats vindt in bladeren die blootgesteld worden aan continu hoge RV.

7.3 Waterstress door beperken irrigatie

Normaal gesproken sluiten huidmondjes zich onder invloed van waterstress via de wortels. Het is in theorie ook een mogelijkheid om door een regelmatige waterstress (bij voorbeeld een of meerdere waterbeurten overslaan) de functionaliteit van huidmondjes te handhaven.

In een goed beworteld gewas, met optimale watervoorziening van het substraat (nodig voor een goede groei), zal het geven van een kortstondige waterstress technisch niet eenvoudig zijn.

Het is ook de vraag of een kortstondige waterstress voldoende om een sluitsignaal naar de huidmondjes te doen uitgaan. Uit vrij oud onderzoek (15) blijkt (Figuur 2) dat het, bij een gewas in de grond met normaal functionerende huidmondjes, nog vier dagen kan duren voor de huidmondjes, die een dag/nacht ritme van opening/sluiten handhaven, met gedeeltelijke sluiting reageren op de droogte in de wortel. Voor de reactie van een gewas op droogtestress op substraat hebben wij wat ervaring opgedaan met roos op kokos en op steenwol.

Door Van Telgen en Baas (25) is er, ten behoeve van gewasmonitoring, uitdroging geïnduceerd bij een rozen gewas (cv Indian Femma) door de druppelaar te verwijderen. De gewasreacties werden gevolgd door bladtemperatuurmetingen en stengeldiktemetingen. Één dag na droogzetten van het substraat (kokos) was het vochtgehalte in de pot met 5% gedaald; bij de planten was er in de eerste twee dagen zonder water geen reactie meetbaar. Pas twee etmalen na droogzetten was een iets scherpere daling van het watergehalte in de pot; deze daling ging gepaard met een afname van de stengeldikte en een toename van de bladtemperatuur, wat op sluiting van de huidmondjes wijst. Op het moment dat de droogtestress duidelijk zichtbaar was in het verschil blad-ruimtemperatuur, was dit ook visueel aan de plant waar te nemen, en was het watergehalte in de pot naar 40% gedaald.

Rozen op steenwolmatten (cv Passion) werden door Driever (26) droog gezet voor het testen van een soft sensor (PRI of Plant Reflectance Index) als een waarschuwingssensor voor droogtestress. Ook hier werden pas verschillen in huidmondjes opening en CO₂ vastlegging tussen gestreste en niet-gestreste planten waargenomen als het watergehalte in de mat beneden 50% daalde.

Het lijkt erop dat er een (te) grote mate van uitdroging van het substraat nodig is om een sluitsignaal op de huidmondjes te sturen. In de huidige teeltsysteem betekent dit dat het overslaan van een waterbeurt in de winter bij lage instraling niet door de plant als "stress" zou worden ervaren. Uit onderzoek met jonge katoenplantjes (42) bleek ook nog dat wanneer er meerdere episodes van droogte aan de planten werden gegeven, er steeds een hoger uitdrogingsniveau (dus een lagere waterpotential) nodig is voor de huidmondjes om te sluiten.

7.4 Luchtbeweging

Luchtbeweging in de kas zal de laminaire laag van hoge RV rondom het blad dunner maken. Hoe groot het effect hiervan op de verdamping is en of dit effect heeft op de functionaliteit van de huidmondjes is niet eenvoudig te kwantificeren. Wel is duidelijk dat een dunnere laag vochtige lucht rond het blad leidt tot een steilere diffusiegradiënt tussen het blad (=100% verzadigd) en de kaslucht. Dit heeft een sterkere verdamping tot gevolg, en kan dus leiden tot een droogteprikkel voor het huidmondje.

Er zijn experimenten gedaan waarbij de luchtbeweging is verhoogd. Een luchtsnelheid van 0,21 m/s leidde inderdaad tot betere houdbaarheid (6).

Recenter Portugees onderzoek (27) teelde potroosjes onder gematigde RV (61%, 0,97 kPa VPD) of hoge RV (92%, 0,2 kPa) met 24 uur per dag luchtbeweging van 0,08 m/s of van 0,92 m/s (een erg hoge luchtsnelheid). Belicht werd 20 uur per dag. Door de luchtbeweging werden de planten 9% langer. De luchtbeweging kon de functionaliteit van huidmondjes ontwikkeld bij hoge RV, die verloren ging zonder luchtbeweging, verbeteren in die zin dat ze gevoelig werden voor exogeen toegevoegd ABA.

Luchtbeweging zou dus een hulpmiddel kunnen zijn om de functionaliteit van de huidmondjes van planten geteeld onder condities van hoge RV wat te verbeteren. Er is echter wel een hoge snelheid van de lucht nodig voor voldoende effect. Ook is de kans op succes waarschijnlijk het grootst wanneer de verhoogde luchtbeweging niet continu, maar gedurende korte perioden wordt toegepast. Als er continu een hoge luchtbeweging zou worden aangehouden zou dat leiden tot een hogere verdamping en daardoor tot een hoger vochtgehalte in de lucht. Dit zou alleen maar averechts werken. Maar als de periode met hoge luchtbeweging kort wordt gehouden is dat veel minder, en leidt het vooral tot een verlaging van de RV rond het blad. De grenslaag wordt 'weggewaaid'.

7.5 Temperatuur verhogen

Het is niet duidelijk of het effect op de huidmondjes van verhoging van de temperatuur een specifiek temperatuureffect is, of dat een tijdelijke verhoging van de kasluchttemperatuur indirect een verlaging van de RV (en dus een verhoging van het VPD) veroorzaakt (warme lucht kan meer vocht bevatten, dus als je een m³ lucht met een vast watergehalte opwarmt daalt de RV), en daardoor effect heeft op de huidmondjes.

Bij potrozen bleek de functionaliteit van de huidmondjes verdwenen bij een teelt bij 21°C en 80% RV (VPD 0,5 kPa) continu, terwijl een dagelijkse verhoging van de temperatuur van 21°C naar 27°C, waarbij de VPD steeg van 0,5 naar 0,7 kPa te leiden tot normaal functionerende huidmondjes (22).

Ook bij snijrozen (Red Naomi!) bleken fluctuaties groter dan 1°C, temperaturen boven 25°C en temperaturen boven de 20 graden positief te werken op de houdbaarheid (9).

In Noors onderzoek (33) is in een winterteelt met roos een dagelijkse 6 uur durende temperatuurverhoging van 19°C naar 29°C bij gelijkblijvende RV van 80% (de daarbij berekende VPD was 0,44 resp 0,8 kPa) gerealiseerd. Het vaasleven verbeterde hierdoor significant. In dezelfde proevenreeks werd ook rechtstreeks de RV (dus het VPD) gevarieerd, en dit leidde ook tot verbetering van het vaasleven.

Praktisch geredeneerd is het voor het behoud van de functionaliteit van huidmondjes niet belangrijk of een (tijdelijke) temperatuur verhoging de huidmondjes doet sluiten omdat de temperatuur zélf de trigger is, of dat het effect van temperatuurverhoging op de huidmondjes via de RV (VPD) werkt. Wanneer het in een teeltstrategie is in te passen, is dit zeker de moeite van het proberen waard. De verhoging van de temperatuur moet kunnen worden gecompenseerd met lagere temperaturen op andere momenten van de dag (temperatuurintegratie) om te voorkomen dat de bloemen te iel worden door te hoge teeltemperatures voor de heersende lichtniveaus.

7.6 CO₂ verhogen

De CO₂-concentratie in de kaslucht kan invloed hebben op de huidmondjesopening (zie paragraaf 2.2.4). Een CO₂ concentratie in de range van 2000 tot 3000 ppm zal er meestal voor zorgen dat de huidmondjes verder dicht gaan of zelfs helemaal sluiten.

In proeven uitgevoerd bij Red Naomi en Avalanche (35) is gekeken of dit ook in roos werkt. Een behandeling van 35 minuten bij 2000 of 3000 ppm CO₂ geeft sluiting van de huidmondjes van Red Naomi. Dit is gemeten aan intacte planten in de kas waarvan de huidmondjes nog functioneel waren. Het proces is echter vrij traag: na 25 minuten was de sluiting slechts 20%, na 35 minuten 50%.

Bij Avalanche kon in de winter geen effect van een hoge CO₂-concentratie op de huidmondjes worden gemeten. Dit was echter een gewas waarvan de huidmondjes al niet meer functioneerden, want van een afgesneden blad gingen de huidmondjes ook niet dicht onder invloed van de waterstress. Blijkbaar zijn niet-functionerende huidmondjes ook niet meer gevoelig voor een hoge CO₂-concentratie als sluitingstrigger.

Bij Bouvardia zijn takken na de oogst blootgesteld gedurende 24 uur in het donker aan een concentratie van 1 en 10% CO₂, maar daarvan gingen de huidmondjes niet dicht, mogelijk om de bovengenoemde reden.

Het is dus niet eenduidig of het verhogen van de CO₂ concentratie in de lucht tijdens het donkerperiode een hulpmiddel zou kunnen zijn om de huidmondjes functioneel te houden in het donker in periodes waarbij de RV aanhoudend hoog is. Een trage respons enerzijds, en het uitblijven van reactie bij disfunctionele huidmondjes, maken dit tot een weinig belovende oplossing. Bovendien dient er aandacht te worden besteed aan het effect van hoog CO₂ op de natuurlijke vijanden in de kas. Bij storingen in de CO₂ doseerkleppen in kasproeven waarbij de CO₂ concentraties hoog opgelopen zijn, is een massale sterfte van roofmijten uit het gewas geconstateerd (pers. mededeling J. Pijnakker).

7.7 Voorkomen uitstraling

In energiezuinige teeltstrategieën wordt veel aandacht besteed aan het voorkomen van uitstraling. Uitstraling is het verlies van energie via straling door het gewas, omdat het 'kijkt' naar een koud kasdek. Als het gewas afkoelt tot onder de ruimtetemperatuur, kan het gewas natslaan omdat de vochtige grenslaag bij het blad afkoelt tot onder het dauwpunt.

Natslag door afkoeling leidt tot kwaliteitsproblemen, die ook de houdbaarheid kunnen beïnvloeden, waaronder de kieming van Botrytis sporen.

Tuinders wordt geadviseerd ook bij hogere buitentemperaturen het energiescherm 's nachts te sluiten of om in de winter een dubbel scherm te sluiten in plaats van een enkel scherm.

Metingen en simulatie-software in het kader van de ontwikkeling van de uitstralingsmonitor (pers. comm. F. de Zwart) laten zien dat de temperatuur van de bovenste gewaslagen door het sluiten van een (extra) scherm bij hogere buitentemperaturen (ΔT binnen-buiten < 8 °C) in de orde grootte van een 0,5 °C liggen. Het effect van het sluiten van een scherm als het buiten 5 graden vriest is natuurlijk groter, maar daarover gaat de discussie over het schermen tegen uitstraling niet. Bij temperaturen onder 0 °C heeft iedere moderne tuinder z'n scherm dicht liggen.

Uitgaande van een verhoging van de gewastemperatuur met ongeveer 0,5 °C kunnen we stellen dat de VPD door schermen tegen uitstraling met ongeveer 15% toeneemt (aangenomen dat alle andere factoren ongewijzigd blijven).

Dit effect is klein in vergelijking met de maatregelen die eerder genoemd zijn, zoals periodieke verlaging van de RV met 20%-punten (§ 7.2), waar de VPD met bijna twee maal zo hoog wordt of temperatuurverhogingen van 6 °C (§ 7.5) waar de VPD drie maal zo groot wordt.

Bovendien heeft het gebruik van schermen tegen uitstraling vooral effect op de bovenste bladlagen. De onderste bladlagen zullen bij intensiever gebruik van schermen zelfs op lagere temperaturen uitkomen omdat intensiever schermgebruik tot lagere buistemperaturen leidt.

Het is dan ook niet verwonderlijk dat in de enige proef waar er specifiek is gekeken naar de houdbaarheid als gevolg van volledige, gedeeltelijke of geen afscherming (21) er geen significant verschil in houdbaarheid tussen bloemen geteeld in de verschillende kassen werd gevonden.

7.8 Hanteren van een donkerperiode

Het is duidelijk dat het ontbreken van een donkerperiode de functionaliteit van de huidmondjes sterk verslechtert. Het is dus waarschijnlijk dat maatregelen die de sluiting van huidmondjes zouden kunnen stimuleren, het beste gaan werken wanneer ze worden gecombineerd met een aantal uren donker.

Dit kan ten koste gaan van productiecapaciteit indien vergeleken wordt met een continu belichte teelt. Vier uur donkerperiode scheelt 1/6^e van de lamplichtsom (wanneer de lampen in het donkerste deel van het jaar overdag ook continu branden). Wanneer de lichtsom van het buitenlicht even groot is als die van het lamplicht zal dat 1/12^e van de totale lichtsom zijn. Bij aanname dat 1% licht gelijk is aan 1% productie zal het tot 1/12^e = ca 8% productieverlies leiden.

Met het licht aan is het veel moeilijker om de huidmondjes te laten sluiten met de normale stimuli (hoog CO₂, droogte, ABA).

Daarnaast is het zo, dat elke maatregel die leidt tot huidmondjes sluiting gedurende de dagperiode, de opname van CO₂ zal reduceren, en daarom de fotosynthese negatief zal beïnvloeden. Dit kost dus groei, en telers zullen, ook wanneer het tot een verbetering van de houdbaarheid zou leiden, niet snel geneigd zijn om zulke maatregelen toe te passen.

Maatregelen om de huidmondjes te laten sluiten zullen bij voorkeur 's nachts met de lampen uit moeten worden toegepast.

7.9 Groen licht pulsen aan het begin van het donkerperiode

Er is literatuur over groen licht dat het effect van blauw licht (stuurt huidmondjes open) teniet doet. De mogelijkheid om met groen(LED-) licht de huidmondjes te laten sluiten is beschreven voor tuinbonen (24). Een deel van het onderzoek is gedaan aan epidermisstripjes, d.w.z. een modelsysteem. Er is echter geen informatie over de gewassen waar houdbaarheidsproblemen door aanhoudend hoge RV ontstaan. Ook niet bekend is of dit ook gebeurt bij planten die geteeld zijn onder aanhoudend hoge RV (en waarvan de huidmondjes niet reageren op overige sluitingsprikkels). Verkennend kleinschalig onderzoek is de moeite waard. Een behandeling met groen licht zal waarschijnlijk in het donker plaats moeten vinden voor een goed resultaat.

7.10 Huidmondjes functionaliteit onderdeel van rassenselectie

Uit onderzoek (1, 36, 38) is gebleken dat er grote verschillen zijn tussen cultivars in hun gevoeligheid voor disfunctionele huidmondjes bij teelt onder aanhoudend hoge RV. De vraag is of dit bij veredelaars bekend is. Een "blaadjes toets" kan al worden uitgevoerd met een paar takken, bij voorbeeld met de eerste bloemen geteeld in de winter. Een dergelijk instrument kan veredelaars helpen bij het selecteren van minder gevoelige rassen zodat deze niet op de markt komen.

8 Conclusies

Uit een brede literatuurstudie blijkt dat het vaasleven, en dus de marktwaarde van snijbloemen sterk bekort wordt naarmate huidmondjes minder goed kunnen reageren op prikkels die de verdamping moeten beperken. Snijbloemen die deze huidmondjesreactie ontberen kunnen hun interne waterbalans niet goed meer reguleren en gaan op de vaas gauw slap. Afhankelijk van de soort betekent dit slaphangend blad, geknikte stelen of knoppen die slecht open komen.

Tot nu toe is in de ontwikkeling van Het Nieuwe telen vooral gezocht naar mogelijkheden om de huidmondjes zoveel mogelijk open te houden. Dit bevordert immers de fotosynthese en daarmee de productie. Dit wordt onder andere bereikt door het handhaven van een hoge kasttemperatuur en hoge RV. Deze strategie pakt goed uit voor producten die geen last hebben van waterverlies na de oogst, zoals vruchtgroenten en sierteeltproducten die geen blad aan de steel hebben of weinig verdampend oppervlak.

Bij snijbloemen leidt telen bij hoge RV vaak tot problemen in de vorm van een korter vaasleven. Dit komt omdat huidmondjes van bladeren, ontwikkeld bij hoge RV, niet meer reageren op sluitingsprikkels waardoor ze niet meer sluiten bij watergebrek en in het donker. Dit leidt tot een overmatige verdamping na de oogst, zelfs in het donker.

De in de literatuur gevonden resultaten van onderzoek naar kwaliteitsproblemen in het vaasleven wijzen systematisch op een relatie met de luchtvochtigheid tijdens de teelt. Het feit dat veel onderzoek een causaal verband legt tussen RV en vaasleven, terwijl de feitelijke relatie eerder ligt in het verband tussen VPD en vaasleven doet niet af aan deze conclusie. Kwaliteitsproblemen doen zich voor in donkere en vochtige perioden van het jaar en dan zijn VPD-verschillen vrijwel één-op-één gerelateerd aan RV-verschillen. De gewastemperatuur ligt in die omstandigheden immers altijd dicht bij de kasluchttemperatuur. Bovendien zijn de aangelegde verschillen in RV tussen behandelingen in de geciteerde onderzoeken dermate groot dat verdampingsruimte uitgedrukt in RV of in VPD slechts marginaal verschillen.

De literatuurstudie leidt tot de conclusie dat een oplossing van het houdbaarheidsprobleem vereist dat de huidmondjes goed blijven functioneren in de naoogstfase, dus gevoelig blijven voor verdampingbeperkende triggers na de oogst.

Het hanteren van een donkerperiode in de nacht lijkt, los van het effect van een continue hoge RV, een eerste vereiste om zowel de gevoeligheid van de huidmondjes voor ABA te behouden, als om andere maatregelen een grotere kans van slagen te bieden. Dit kan echter voor sommige rassen tot een productiederving leiden en daarom is het belangrijk om te weten hoe lang de donkerperiode minimaal moet zijn om het sluitgedrag van huidmondjes actief te houden.

Kansrijke oplossingen voor de verminderde houdbaarheid liggen in: periodieke verlagingen van de RV (=verhogingen van het VPD) tijdens de teelt, de teelttemperatuur 's nachts verhogen (waarmee de RV daalt) en sterke lucht beweging kortstondig inzetten.

Kansarm zijn: externe toedieningen van ABA, het verhogen van de CO₂ concentratie in de kaslucht, en het beperken van de irrigatie.

Van het intensiever gebruik van schermen tegen uitstraling als enige maatregel verwachten de experts geen kwaliteitsverbeterend effect vanwege een geringe invloed op het VPD. Toch kan scherming tegen uitstraling ondersteunend zijn aan het slagen van andere maatregelen.

Het effect van maatregelen als toediening van groen licht pulsen aan het begin van de nachtperiode in combinatie met een voldoende lage RV, zijn onvoldoende gedocumenteerd maar de moeite van het proberen waard.

Voor de lange termijn kan de veredeling van nieuwe rassen veel betekenen. Verschillende variëteiten van eenzelfde gewas laten grote verschillen zien in de verdamping uit vers geplukte blaadjes. Het gebruik van deze simpele proef kan informatie bieden over hoe huidmondjes van bladeren ontwikkeld bij hoge RV op sluitingsprikkels reageren.

9 Aanbevelingen voor onderzoek

Telen van snijbloemen met veel verdampend oppervlak (blad) bij aanhoudend hoge RV in de winter maanden, lijkt onverantwoord totdat er strategieën zijn ontwikkeld die de functionaliteit van de huidmondjes garanderen.

Tijdens de groei van de planten worden continu nieuwe bladeren gevormd. De hypothese is dat als er periodiek prikkels plaatsvinden die de huidmondjes dichtsturen, de functionaliteit van een groot deel van de in aanleg zijnde huidmondjes kan worden gegarandeerd.

Gelet op wat er bekend is, kan er gepleit worden voor onderzoek in de winterperiode naar de effecten op huidmondjes en vaasleven van de volgende oplossingsrichtingen (eventueel gecombineerd):

- Periodieke verlagingen van de RV tijdens de teelt.
- Teelttemperatuur 's nachts verhogen (waarmee de RV daalt).
- Sterke lucht beweging kortstondig inzetten.
- Toediening van groen licht pulsen aan het begin van de nachtperiode.
- Het gebruik van schermen tegen uitstraling.

De maatregelen dienen bij voorkeur 's nachts te worden toegepast, waarbij het hanteren van een donkerperiode (waarvan de minimale duur niet is bekend) een vereiste is.

In onderzoek de eventueel nadelige neveneffecten van deze maatregelen in kaart brengen (zoals productiederving, afname van het takgewicht of van de knopgrootte).

Beoordeling van het huidmondjesgedrag van de verschillende behandelingen met een porometer; daarbij ook beoordeling van het vermogen van de huidmondjes om te sluiten d.m.v. bepaling van het waterverlies van losse bladeren in het donker en in het licht.

Literatuur

1. Fanourakis, D. 2011.
Proefschrift. Stomatal response characteristics as affected by long-term elevated humidity levels
2. Nejad, A.R. 2007.
Proefschrift. Control of stomatal opening after growth at high relative humidity
3. Torre, S. *et al.* 2003.
Leaf anatomy and stomatal morphology of greenhouse roses grown at moderate or high air humidity. *J Amer Soc Hort Sci* 128(4):598-602
4. Arve, L.E. *et al.* 2013.
High relative air humidity and continuous light reduce stomata functionality by affecting the ABA regulation in rose leaves. *Plant Cell Environ.*36, 382-392
5. Fanourakis, D. *et al.* 2013.
Sources of vase life variation in cut roses: A review. *Postharvest Biology and Technology* 78:1-15
6. Mortensen, L.M., Gislerød, H.R. 1997.
Effects of air humidity and air movement on the growth and keeping quality of roses. *Gartenbauwissenschaft* 62,273-277
7. De Gelder, A., Warmenhoven, M., Van der Knaap, E., van Baar, P.H., Grootcholten, M., van Aelst, N., 2015.
Een Perfecte Roos Energiezuinig geteeld. Rapport GTB-1369. Wageningen UR Glastuinbouw.
8. García Victoria, N., Pot, S., 2015.
Lichtspectrum als middel voor energiezuinige Rozenteelt. Rapport GTB-1368. Wageningen UR Glastuinbouw.
9. Benninga, J., Barendse, H., Vermeulen, C., García Victoria, N., Raaphorst, M. en Hofland-Zijlstra, J., 2015.
Kwaliteitsplan roos, onderdeel klimaatregistratie en statistiek. Rapport GTB-1336., Wageningen UR Glastuinbouw.
10. Slootweg, G., en Ten Hoope, M. 1999;
Het optreden van slap blad tijdens het vaasleven bij Bouvardia. Invloed teeltomstandigheden en na-oogstbehandelingen. Rapport PBG Aalsmeer, project 1811.
11. Slootweg, G., Ten Hoope, M. en Wubben, J.P., 2005.
Bedrijfsvergelijkend onderzoek Lisianthus: De invloed van de teeltomstandigheden op Botrytis aantasting en houdbaarheid. PPO rapport 41313019
12. Slootweg, G., García Victoria, N., 2014.
Helleborus orientalis als houdbare snijbloem. Marktperspectief en invloed teeltklimaat op de houdbaarheid.
13. Warmenhoven, M., en García Victoria, N., 2009.
Onderzoek naar de oorzaak van blauwverkleuring en glazigheid bij Anthurium. Nota 639, Wageningen UR Glastuinbouw.
14. Hopkins, W.G. 1999.
Introduction to plant physiology, second edition. John Wiley & Sons Inc, New York
15. Lambers, H. F.S. Chapin en T.L.Pons, 1998,
Plant Physiological Ecology, Springer Verlag, New York, ISBN 0-387-98326-0
16. Kok, H. 2006.
Papierblad in lelie Invloed van lichtniveaus en luchtvochtigheid in de kas. Praktijkonderzoek 2006 PPO nr. 3233099900
17. Slootweg G., M.A. ten Hoope and A. de Gelder. 2001.
Seasonal changes in vase life, transpiration and leaf drying of cut roses *Acta Hort.* 543, ISHS 2001
18. Slootweg, G and U. van Meeteren. 1991.
Transpiration and stomatal conductance of roses cv 'Sonia' grown with supplemental lighting. *Acta Horticulturae* 298, 119-125
19. Marissen N., C. Slootweg, M. ten Hoope. 2002.
Bladverdroging roos na de oogst Rapport PPO Project nr 42 5048
20. Geelen, P.A.M, J.O. Voogt en P.A. van Weel. 2016.
De basisprincipes van Het Nieuwe Telen
21. García Victoria, N., De Gelder, A., Speetjens, B., 2012.
Kwaliteit roos bij telen volgens licht emissie regels. Rapport GTB-1176.

22. Pettersen RI, R Moe, H R Gislerød. 2007.
Growth of pot roses and post-harvest rate of water loss as affected by air humidity and temperature variations during growth under continuous light. *Scientia Horticulturae* 114: 207-213
23. Dieleman, J.A. ; Meinen, E. ; Warmenhoven, M.G. ; Steenhuizen, J.W. ; Uenk, D. ; Chizhmak, S. ; Visser, P.H.B. de, 2007.
Effiëntie van groeilicht gedurende het etmaal. Wageningen UR Glastuinbouw, Nota 490
24. Frechilla, S., Talbott, L.D., Bogomolni, R.A.en Zeiger, E., 2000.
Reversal of Blue Light-Stimulated Stomatal Opening by Green Light. *Plant CellPhysiol.* 41(2): 171-176
25. Van Telgen, H.J., en Baas, R. 2001.
Inzet plantmonitor bij CO₂ proef roos. Evaluatie metingen en gebruiksmogelijkheden. PPO rapport 534.
26. Driever, S., Bontsema, J., Stanghellini, C., Ilescu, D., Zhang, F., Ghaffari, R., 2011.
Report on crop performance sensors and early diagnosis tools for biotic and abiotic stress. Euphoros deliverable nr. 18.
27. Carvalho, D.R.A., Torre, S., Kraniotis, D., Almeida, D.P.F, Heuvelink, E., en Carvalho, S.M.P. 2015.
Elevated air movement enhances stomatal sensitivity to abscisic acid in leaves developed at high relative humidity. *Frontiers in plant science*, Vol. 6, art. 383
28. Barceló Coll, J. 2005.
Fisiología Vegetal. Ed. Piramide. I.S.B.N : 8436815254.
29. Trouwborst, G., Pot, C.S., Schapendonk, A.H.C.M. en Fanourakis, D., 2010.
Huidmondjes in ontwikkeling: invloed van omgevingsfactoren op de huidmondjes anatomie van bladeren, een literatuurstudie. Rapport Plant Dynamics B.V.
30. Trouwborst, G., Pot, C.S., Schapendonk, A.H.C.M. en Zenasni, N., 2011.
Stimuleren van de huidmondjes ontwikkeling bij diverse potplanten. Rapport Plant Dynamics B.V.
31. Nederhoff, E.M., 1994.
Proefschrift. Effects of CO₂ concentration on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetable crops. ISBN 90-5485-318-2
32. Garcia Victoria, N. ; Sloomweg, G., 2014.
Helleborus orientalis Queens als houdbare snijbloem II : invloed voorbehandelingsmiddelen en -methodes op de houdbaarheid. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw GTB 1324.
33. Mortensen, L.M. and H.R. Gislerød, 2011.
Vase life: The influence of variation in air humidity, temperature and super-elevated CO₂ concentration in roses grown under continuous light. *Europ. J. Hort. Sci.*, 76 (2)
34. Arve, L.E., S. Torre, J.E. Olsen en K.K. Tanino, 2011.
Stomatal Response to drought stress and air humidity. In *Abiotic Stress in Plants-Mechanisms and Adaptations* ISBN: 978-953-307-394-1 [www.intechopen.com/books/abiotic stress in plants](http://www.intechopen.com/books/abiotic_stress_in_plants)
35. Marissen, N., J. Benninga,
Bedrijfsvergelijkend onderzoek houdbaarheid roos, Proefstation voor bloemisterij en glasgroente, Project 1837, Aalsmeer 1999.
36. Marissen, N., J. Benninga, Bedrijfsvergelijkend onderzoek roos 2001,
Verklaring verschillen in houdbaarheid, knopopening en productie bij 40 bedrijven bij vier cultivars, PPO project 42 5048, Aalsmeer 2002.
37. Marissen, N. ; Sloomweg, G. ; Hoope, M.A. ten, 2004.
Grenswaarden voor luchtvochtigheid bij energiebesparing in siergewassen: effecten van de luchtvochtigheid op de houdbaarheid van rozen Aalsmeer : Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, - p. 79
38. Mortensen L.M., Gislerød HR., 1999.
Influence of air humidity and lighting period on growth, vase life and water relations of 14 rose cultivars. *Scientia Horticulturae* 82:289-298.
39. Mortensen L.M., Gislerød HR., 2005.
Effects of air humidity variation on powdery mildew and keeping quality of cut roses, . *Scientia Horticulturae* 104:49-55.
40. Pot, C.S., 2013,
Houdbaarheidsonderzoek Roos 2012-2013, Vertrouwelijk rapport, Plant Dynamics
41. Marissen, N.,2013,
Houdbaarheidsonderzoek Roos 2012-2013, Vertrouwelijk rapport, Nollie Marissen Advies

42. Ackerson, R. C., 1980.
Stomatal Response of Cotton to Water Stress and Abscisic Acid as Affected by Water Stress History. *Plant Physiol.* 65, 455-459
43. Morison, J.I.L. 1987.
Intercellular carbon dioxide concentration and stomatal responses to carbon dioxide. In: *Stomatal function*; Stanford University Press, 229 – 251
44. Warmenhoven, García Victoria en Van Noort, 2012.
Bladschade bij potanthurium, Wageningen UR Glastuinbouw Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw GTB 1186.
45. De Boer-Tersteeg, P., Lagas, P., García Victoria, N., 2011.
Houdbaarheidsonderzoek Bouvardia. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport (vertrouwelijk)/ Wageningen UR Glastuinbouw GTB-5025.
46. Van Noort, F., Jacobs, G., Dijkstra, T., Van Marwijk, D., 2012.
Plantweerbaarheid hortensia. PT – Projectnummer: 14685. DLV Plant verslag.
47. Muller, R., Stummann, B.M., Andersen, A.S. en Serek, M. 1999.
Involvement of ABA in postharvest life of miniature potted roses. *Plant Growth Regulation* 29:143-150
48. De Gelder, A., 2016.
Verdamping: Balans tussen noodzaak en overmaat. Kennisinventarisatie en analyses van vocht gerelateerde fenomenen in lopende projecten. Wageningen UR Glastuinbouw GTB-1383.
49. Reid, M.S. and Kofranek, A.M. 1981.
Recommendations for standardized vase life evaluations. *Acta Hort. (ISHS)* 113:171-174
50. Swart, A.; D'hont, K.; Francken, C. 1987.
Kwaliteit en houdbaarheid voorwaarden voor tevreden consument. *Vakblad voor de bloemisterij*
51. Van Santen, I., 2011.
De bloemist weet van bloemen. Nederlandse bloemenkopers over imago van bloemist en winkelkeuze. PT-rapport 2011-29

Bijlage 1 Kennisinteractie Kas als Energiebron

Onderwerp / titel: Gewas en productkwaliteit bij Het Nieuwe Telen
Datum: 16 september 2016
Tijd: 9:00 – 13:00 uur
Locatie: Wageningen UR Bleiswijk
Achtergrond: Het concept van Het Nieuwe Telen is in ontwikkeling. Recent bestond het vooral uit veel schermen en sterk verminderen van de minimumbuis (m.n. in de winterperiode) al dan niet met actieve ontvochtiging (zoals met bijvoorbeeld ventilation jets). Belangrijke ontwikkelingen in het denken bij HNT is het omgaan met dynamiek. Met name het denken in "balansen" neemt toe. Om met Aat Dijkshoorn te spreken: "HNT is anno 2016 NIET: gewone energiebesparing door het scherm te sluiten, de minimum buis altijd uit te zetten en bij een hoog vocht niveau te gaan telen. HNT is WEL het nastreven van evenwicht in alle plantbalansen: energiebalans, assimilatenbalans en vochtbalans."
"Dat betekent in de praktijk: Bijna altijd schermen tegen uitstraling, maar tegelijk zorg dragen voor een voldoende vochtafvoer binnen de kas. Minder minimum buis, maar niet altijd nul. En op basis van inzicht in AV binnen en buiten en transport van vocht door het scherm de vochtbalans van de kas op orde houden. Bij voldoende licht veel minder ventilatie om RV en CO₂ hoog te houden en stress te vermijden."

Uit het pre-HNT tijdperk is bekend dat telen bij hoge RV het risico verhoogt op fysiogene afwijkingen, schimmelaantasting en slechtere na-oogst kwaliteit bij snijbloemen door niet-sluitende huidmondjes. In een statische benadering van HNT kan dit nog steeds zo zijn. Het is de vraag wat het meer dynamisch omgaan met de teelt voor de kwaliteit van het gewas en product doet.

Doel: Onderzoek zal meer inzicht opleveren in de effecten van HNT op gewas en productkwaliteit. Voor de onderzoeksopzet is het van belang om scherp te hebben wat het werken met 'balansen' nu precies inhoudt. Een uitwisseling van theorie en ervaring met HNT en fysiologische en plantenziektkundige cq plantweerbaarheid kennis van het ontstaan van kwaliteitsproblemen -in wellicht meer statische situaties- , zal bijdragen aan het formuleren van goede hypothesen en proefopzetten.

Inleiders: Aat Dijkshoorn, Wim Voogt, Nieves Garcia en Jantineke Hofland

Programma:

- 9:00 Inloop en welkom
- 9:15 Inleiding Aat: actuele inzichten en ervaringen HNT
- 9:35 Reflectie Arie op de inleiding
- 9:45 Discussie: O.a: wat zijn nu precies 'balansen'; welke definities gebruiken de diverse aanwezigen? Als het gaat om balansen voor de plant: om welke fysiologische principes gaat het dan, hoe te meten, hoe te sturen, etc
- 10:15 Inleiding Wim: HNT en fysiogene problemen (oa nav net beëindigde kasproef)
- 10:35 Vragen
- 10:45 Pauze
- 11:00 Inleiding Nieves: HNT en na-oogstkwaliteit sierteelt (oa nav deskstudy in uitvoering)
- 11:20 Vragen
- 11:30 Inleiding Jantineke: HNT en weerbaarheid (oa nav plannen voor monitoring)
- 11:50 Vragen
- 12:00 Pauze; start lunch
- 12:15 Discussie
- 12:45 Wrap-up: welke hypothesen kunnen we formuleren? Wat zijn aandachtspunten voor onderzoek en ontwikkeling?
- 13:00 Afsluiting

Bijlage 2 Kort verslag van de bijeenkomst

Aat: actuele inzichten en ervaringen HNT.

Het Nieuwe Telen is niet "AF", is een systeem in ontwikkeling.

Definitie 2016:

Optimaal Telen in Balans met toepassing van Kennis uit de Natuurkunde en Plantfysiologie.

- Het gewas staat centraal.
- Laag energieverbruik is geen doel maar een logisch gevolg ervan.

Op de onderzoekagenda staan onderwerpen die dit benadrukken:

- Monitoring.
- Verklarend onderzoek (interactie HNT met kwaliteit, plantweerbaarheid, plantgezondheid).

Reflectie Arie:

- Het is nodig om een algemeen beeld te ontwikkelen.
- Het denken in balansen is leuk, staat nu teveel in het teken van aanmaak maar er zijn veel vragen over verdeling.
- Met sensoren meer meten. Maar de resultaten GOED beschreven.
- Kennis wordt nu "anekdotisch" opgedaan.
- Een systeem aanpak is nodig, aangevuld met verklarende experimenten.
- Zitten we wat betreft energiebesparing aan het einde?

Reflectie Leo:

- Waarnemen begint bij Mensen.
- Onderzoekers moeten zich nog kunnen verbazen en verwonderen.
- Onderzoekers: uitwisselen kennis blijft van groot belang.
- Kas als Energiebron is meer dan Het Nieuwe Telen alleen.
- Het Nieuwe Telen is de huidige standaard, en dus de huidige referentie.
- Er zit nog veel winst in te behalen.

Opmerking Helma V.: pleidooi voor gesloten kassen om de plantgezondheid te verbeteren. Eigenlijk jammer dat plantgezondheid beleidsmedewerkers niet zijn uitgenodigd naar deze bijeenkomst. Aandacht voor de biologie als we steeds warmer gaan telen (met het licht mee).

Opmerking Jan V.: HNT vanuit de natuurkunde, gelanceerd door niet-plantkundigen, omschrijven teelt in modellen. Simulaties van de teelt om op zoek te kunnen gaan naar oplossingen.

Opmerking Peter v.W.: Verbaast zich soms nog over slechte keuzes die hij in de praktijk tegenkomt, en die bij goed overleg met WUR voorkomen hadden kunnen worden. Peter pleit voor integraal model voor gewasgezondheid en klimaat en groei.

Voordracht Wim Voogt: HNT en fysiogene problemen

Opname calcium alleen via jonge wortelpunten (nog geen endodermis met bandjes van Caspari)

Transport via Xyleem (geen Ca via floem)

Weinig Ca gaat naar niet-verdampende delen.

Bij celdeling is veel Ca nodig.

Bij Ca-tekort celstrekking sneller!

Ca 'verdwijnt' in de vacuolen van de cellen. Is dan niet meer beschikbaar voor herverdeling. Moeilijk te meten waar het precies is terechtgekomen binnen een blad of plantorgaan.

Aanvulling Peter G.: Voor Ca belangrijk om nutriëntenbalans en assimilatenbalans te bewaken. Langzamer opbouwen plantbelasting in het voorjaar.

Voordracht Nieves Garcia : HNT en houdbaarheid snijbloemen

Houdbaarheid gaat achteruit in winter. Veel onderzoek wijst op een causaal verband met hoge RV.

Huidmondjes regulatie via K-ionen, licht (blauw/groen), CO₂, ABA.

Temp > 30°C zorgt voor sluiting huidmondjes

Inactieve ABA vormt gedurende de nacht actieve vorm ABA, duur donkerperiode van belang

Te hoge RV, veel inactieve ABA. Herhaaldelijk te weinig actief ABA maakt de huidmondjes ongevoelig voor ABA.

Op vraag Jantineke of "HNT goed is toegepast in onderzoeken", maw voldoende licht is toegelaten. Antwoord: het gaat hier om de winter, dan is licht limiterend, er kan niet meer licht toegelaten worden dan beschikbaar via daglicht en hoog belichtingsniveau.

Op vraag Jan V. of het gaat om de RV of de VPD. Antwoord: in deze periode is nauwelijks verschil tussen bladtemperatuur en ruimtetemperatuur (gem. over hele dag en hele winter 0,5 graad), dan is praten over VPD of RV even nauwkeurig.

Voordracht Jantineke Hofland-Zijlstra: HNT en weerbaarheid

Wat is de relatie uitstraling en weerbaarheid? Hoe anders weerbaar is een plant die geteeld wordt onder aanhoudend hoge RV? Cellen morfologische iets anders; bij minder calcium zijn planten gevoeliger.

Wat is de invloed van SPAD (mate voor chlorofiel gehalte) op de weerbaarheid? Directe relatie met ziektegevoeligheid.

Duidelijk is dat drie componenten: genetica (ras) x omgeving (klimaat) x ziektedruk bepalend zijn voor ziektegevoeligheid en weerbaarheid. En daar zijn veel vragen over. Gewerkt wordt aan het vinden van de sleutel parameters om aan de weerbaarheid te sturen.

Reactie Leo, wat doen we anders dan vroeger, waarom is meeldauw nu zo een probleem en vroeger minder?

Rol genetica niet onderschatten, voorbeeld uit de rozen: First Red zeer ongevoelig; Passion weinig gevoelig, Red Naomi zeer gevoelig.

Wrap-up

- Het Nieuwe Telen blijft in ontwikkeling, is geen statisch gegeven.
- Dynamiek bleek een belangrijk sleutelwoord deze ochtend.
- Betrekken van plantgezondheid, plantweerbaarheid en productkwaliteit in het klimaatonderzoek: een door een ieder onderstrepen noodzaak.

Onderzoeksvragen om op te pakken

- Effect uitstraling op calcium opname en verdeling.
- Invloed zout om te ontvochtigen (goedkope manier om dynamiek in te brengen).
- Proof of Principle: kunnen de huidmondjes functioneel blijven als we meer dynamiek aanbrengen in het klimaat?

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen UR Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wageningenur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1410

Wageningen UR Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.