



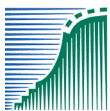
Analyse aircokas bij Freesia 2008

Klimaats- en productievergelijking bij vier Freesiatelers

Caroline Labrie & Marcel Raaphorst

© 2009 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen UR Glastuinbouw



**landbouw, natuur en
voedselkwaliteit**



Projectnummer Productschap Tuinbouw: 12889

Projectnummer Wageningen UR Glastuinbouw: 3242045200

Wageningen UR Glastuinbouw

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

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
1 Inleiding	5
1.1 Probleemstelling	5
1.2 Aircokasprincipe	5
1.3 Doel	6
1.4 Uitvoering	6
1.4.1 Kasklimaat	6
1.4.2 Plantmateriaal	7
1.4.3 Teeltregistraties	7
2 Resultaten	9
2.1 Buitenklimaat	9
2.2 Kasklimaat	9
2.2.1 Kastemperatuur en planttemperatuur	9
2.2.2 Luchtvochtigheid	11
2.2.3 CO ₂	12
2.2.4 PAR	13
2.2.5 Grondtemperatuur	15
2.3 Productie	15
3 Discussie	19
3.1 Productie en fotosynthese	19
3.2 Temperatuur en RV	20
4 Conclusies en aanbevelingen	21
4.1 Conclusies	21
4.2 Aanbevelingen	21
4.3 Mening deelnemers	21
5 Referenties	23

Voorwoord

Dit onderzoek is uitgevoerd op verzoek van de Landelijke Commissie Freesia van LTO-Groeijservice. Het Productschap Tuinbouw heeft dit onderzoek gefinancierd.

De Begeleidings commissie onderzoek is vertegenwoordigd door freesia teler Ben Akerboom en teeltvoorlichter Hans Pronk. In dit voorwoord willen wij hen bedanken voor hun inzet. Onze dank gaat ook uit naar de heren René van Dijk, Peter Hofland, Pieter van Velden en Alex en Matthieu Barendse voor het beschikbaar stellen van kasruimte en de freesiaproductie en hun inzet voor de proef.

Caroline Labrie
Marcel Raaphorst

Samenvatting

In de zomer van 2008 is bij vier bedrijven met en zonder verneveling het kasklimaat en de productie gevolgd van drie freesia cultivars. Deze proef is een vervolg op de aircokasproef in de zomer van 2007. Tijdens de zonnige dagen in 2007 was het verschil in klimaat tussen de bedrijven goed te zien (Raaphorst, 2007). Vanwege het geringe aantal warme en zonnige dagen in die zomer, was de invloed van verneveling op de uiteindelijke productie echter moeilijk aan te tonen. Het voordeel van verneveling wordt vooral verwacht tijdens warme zomers. Doordat het gewas met verneveling minder snel droogtestress krijgt, blijven de huidmondjes langer open staan. Het gewas blijft dan langer doorgaan met het opnemen van CO₂. Doordat er minder vaak hoeft te worden geschermd, kan meer fotosynthese worden gerealiseerd. Vanwege de positieve ervaringen van de betrokken telers en om het effect te zien van verneveling op productie tijdens een warmere zomer, is besloten de proef te herhalen in 2008. Wederom pasten twee van deze vier bedrijven verneveling toe. Door bij ieder proefvak Growlabs op te hangen, konden ook dit jaar de telers via live.LetsGrow.com het kasklimaat on-line vergelijken. Gedurende de proef is de productie geregistreerd in aantallen en gewichten. Aan het einde van de proef zijn de plantgewichten bepaald. De proef is uitgevoerd met de cultivars Ambassador, Blue Moon en Long Beach. Alle drie deze cultivars zijn bij de vier bedrijven in week 21/22 geplant.

Productie

Bij de bedrijven met verneveling is een hogere productie in zowel aantal takken als in gewicht gerealiseerd dan bij de bedrijven zonder verneveling, maar er is nog niet aangetoond dat dit een direct effect is van de verneveling. De wijze van CO₂ dosering hierin lijkt van grote invloed te zijn. De hogere productie in dit onderzoek kan vanuit de klimaatgegevens gezien het beste worden verklaard vanuit de hogere CO₂niveau's bij de vernevelende bedrijven.

Klimaat

De zomer van 2008 was wederom niet warm, maar bevatte meer warme dagen dan 2007. De bedrijven met verneveling hadden duidelijk hogere CO₂niveau's dan de bedrijven zonder verneveling. Deze hoge CO₂niveau's zijn echter voornamelijk bereikt door de toediening van ketel-CO₂ overdag door gebruik van de buffer (bedrijf D) en door de vrijkomende CO₂ uit de organische stof in de bodem (bedrijf H). Het is niet uit te sluiten dat het positieve effect hiervan op het CO₂-niveau en daarmee op de productie, van groter belang is geweest dan het positieve effect van verneveling op het CO₂-niveau middels de beperkte ventilatie. De positieve effecten versterken elkaar wel doordat de toegediende CO₂ minder snel via de luchtramen verdwijnt.

De kasttemperatuur is bij de vernevelende bedrijven in de middag lager geweest dan bij de bedrijven zonder verneveling, maar de verschillen tussen de vernevelende bedrijven onderling waren ongeveer net zo groot. Verneveling is dus niet de enige factor die de kasttemperatuur beïnvloedt. Dat de verschillen in kasttemperatuur tussen de bedrijven met en zonder verneveling kleiner zijn dan vorig jaar komt waarschijnlijk doordat de vernevelende bedrijven minder hebben geventileerd dan in 2007. Het koelende effect van verneveling heeft deze beperkte ventilatie mogelijk gemaakt. De gerealiseerde kasttemperatuur is bij de vernevelende bedrijven dus niet veel lager, maar er is minder ventilatie nodig om de lagere temperaturen te bereiken. Op zonnige dagen is midden op de dag de planttemperatuur bij de vernevelende bedrijven ook iets lager, maar het effect van verneveling op planttemperatuur is in dit onderzoek niet duidelijk aangetoond. De relatieve luchtvochtigheid verschilde niet duidelijk tussen de bedrijven met en zonder verneveling. Uit de lichtmetingen blijkt dat de vernevelende bedrijven niet duidelijk meer licht hebben toegelaten dan de bedrijven zonder verneveling. In theorie is dit wel mogelijk omdat er door het koelende effect minder stralingswarmte af hoeft te worden geschermd. Hierdoor ontvangen de planten meer PAR licht. Hier ligt nog potentie voor verdere productieverhoging. Wel moet worden opgemerkt dat bij hogere lichtniveau's de fotosynthese efficiëntie afneemt en bij zeer hoge lichtniveau's schade zou kunnen ontstaan. Het enige bedrijf in deze proef met een krijtscherm in plaats van een beweegbaar scherm bereikte namelijk gemiddeld over de proefperiode het hoogste lichtniveau, maar een lagere productie. Uit de berekening van de fotosynthesecapaciteit (PAR benutting gecorrigeerd voor CO₂niveau) blijkt dat dit verschil voor dit bedrijf maar voor

een klein gedeelte is te verklaren door het lagere CO₂niveau. Dit zou kunnen betekenen dat bij dit bedrijf lichtniveau's heeft bereikt waarop de fotosynthese efficiëntie afneemt. Dit hoeft nog geen schade te geven, maar dat is nog niet uit te sluiten. Wat op zonnige dagen de optimale lichtintensiteit is voor freesia vereist verder onderzoek.

Aanbevelingen

Het verdient aanbeveling om vooral op zonnige dagen te streven naar voldoende CO₂ -dosering. Dit is van grote invloed op de fotosynthese capaciteit omdat het aanwezige licht dan beter wordt benut.

Het koelende effect van verneveling kan bijdragen aan een hoger CO₂niveau omdat het beperkte ventilatie mogelijk maakt. Met verneveling meer licht toelaten op zonnige dagen maakt het mogelijk de aanwezige CO₂ beter te benutten. Door verneveling zakt de RV minder ver weg waardoor de droogtestress wordt beperkt en de huidmondjes langer open kunnen blijven staan en CO₂ op kunnen nemen. Verder onderzoek kan meer inzicht geven onder welke omstandigheden meer licht in het freesiagewas kan worden toegelaten.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Vanwege de kleine marges en stijgende kosten, is productieverhoging en verdere kwaliteitsverbetering wenselijk in de teelt van freesia. In de zomer van 2006 is productie- en kwaliteitsverlies opgetreden vanwege de warme periode in die zomer. Het toepassen van verneveling volgens het aircokasprincipe, is een methode om deze ongunstige omstandigheden te beperken. Dit aircokasprincipe hieronder kort uitgelegd. In de zomer van 2007 is daarom in opdracht van de Landelijke Commissie Freesia een onderzoek uitgevoerd bij Freesia naar het effect van verneveling op klimaat en productie. Echter vanwege het geringe aantal warme en zonnige dagen in die zomer, was de invloed van verneveling op de uiteindelijke productie moeilijk aan te tonen. Tijdens de zonnige dagen was het verschil in klimaat tussen de bedrijven wel goed te zien (Raaphorst, 2007).

De telers die aan de proef van 2007 hebben deelgenomen, zeggen veel geleerd te hebben van de bedrijfsvergelijking. Vanwege deze positieve ervaringen van de betrokken telers en om het effect te zien van verneveling op productie en kwaliteit tijdens een warmere zomer, is besloten de proef te herhalen in 2008.

1.2 Aircokasprincipe

Het aircokasprincipe is gebaseerd op het optimale functioneren van de plant in een energiezuinig groeiklimaat. Het voordeel van het aircokasprincipe wordt vooral verwacht bij een schraal voorjaarsklimaat en tijdens warme zomers. Deze voordelen bestaan uit het voorkomen van droogtestress via een hogere relatieve luchtvochtigheid en het verhogen van de fotosynthese via hogere licht en CO_2 niveaus bij een betere balans tussen temperatuur en RV.

Droogtestress ontstaat wanneer bij een hoge instraling en een lage relatieve luchtvochtigheid de plant meer moet verdampen om zichzelf te koelen dan de wortels kunnen aanvoeren. Om uitdroging te voorkomen sluit de plant dan haar huidmondjes. Hierdoor wordt de CO_2 opname beperkt. Door de relatieve luchtvochtigheid minder ver weg te laten zakken middels verneveling, krijgt het gewas minder snel droogtestress en blijven de huidmondjes langer open staan. Het gewas blijft dan langer doorgaan met het opnemen van CO_2 . Doormiddel van verneveling ontstaat dus minder snel droogtestress. Dit betekent dat er met verneveling meer licht toegelaten kan worden in de kas, zonder dat de plant droogtestress krijgt. Zolang de plant nog geen stress ervaart en CO_2 geen beperkende factor is, betekent meer licht meer groei. Om het licht zo goed mogelijk te benutten is het dus belangrijk om ook het CO_2 niveau in de kas op peil te houden. Hier kan verneveling veel aan bijdragen. Dit komt door het koelende effect van de verneveling. Dit koelende effect ontstaat wanneer de nevel verdampt. Voor de verdamping van deze druppeltjes is energie nodig, welke in de vorm van warmte aan de omringende lucht wordt onttrokken. De kasluchttemperatuur wordt hierdoor lager. Dit wordt ook wel adiabatische koeling genoemd. Hier ligt dus de keuze om de kastemperatuur te laten zakken of om de kastemperatuur hetzelfde te houden als zonder verneveling. Als de kastemperatuur gelijk wordt gehouden, hoeft er dus minder geventileerd te worden. De hogere energie-inhoud (enthalpie) van vochtige lucht, maakt het mogelijk om per kuub lucht meer energie af te voeren dan met droge lucht. Deze energie-inhoud van lucht wordt bepaald door de vochtinhoud en de temperatuur. Hoe groter het verschil in energie-inhoud van de kaslucht en de buitenlucht, hoe minder luchtvolume nodig is om een bepaalde afkoeling te bereiken.

Het aircokasprincipe regelt op dit verschil in energie-inhoud. Bij een lage buiten RV is er vaak een groot verschil met de energie-inhoud van de kaslucht en is na vernevelen nog maar een zeer geringe ventilatie nodig om voldoende warmte af te voeren. Bij een hoge buiten RV is het energie-verschil met de kaslucht vaak klein en is de warmte afvoer zelfs bij veel ventilatie maar heel beperkt. Als bij een hoge buiten RV de verneveling wordt gebruikt is een goede regeling van de verneveling heel erg belangrijk. Als er in deze situatie op RV geregeld zou worden bestaat er grote kans dat er zo weinig water verdampt en op het blad terechtkomt dat de gewasverdamping helemaal stil komt te liggen. Regelen en vochthoeveelheid aanpassen aan het enthalpieverschil binnen-buiten is dan absoluut noodzakelijk. Door niet te vernevelen zouden in deze situatie de ramen wijd open moeten staan om voldoende

energie af te voeren, met een groot verlies aan CO₂ tot gevolg. Dankzij verneveling wordt er dus minder geventileerd en blijft er netto meer CO₂ in de kas. In combinatie met het feit dat er minder geschermd hoeft te worden en de huidmondjes langer open blijven dankzij een iets lagere verdamping, kan met het aircokasprincipe meer fotosynthese en daarmee groei worden gerealiseerd.

1.3 Doel

Doel van dit onderzoek is het inventariseren van de effecten op het kasklimaat, de productie en kwaliteit van freesia van een kas met verneveling volgens het aircokasprincipe ten opzichte van bepalen van het effect van een kas met standaard klimaatinstellingen.

1.4 Uitvoering

Evenals in 2007 is bij vier freesiabedrijven het kasklimaat en productie van een freesiateelt geanalyseerd en vergeleken om te onderzoeken wat het effect is van een vernevelingsinstallatie voor de teelt van Freesia (Tabel 1). Bedrijf D, B en H zijn dezelfde als in 2007. D en H zijn de bedrijven met een vernevelingsinstallatie. Bedrijven B en V zijn de bedrijven zonder vernevelingsinstallatie. Beide bedrijven met vernevelingsinstallatie hebben met de verneveling minder geventileerd dan voordat zij verneveling hadden. Bedrijf D heeft ook meer licht toegelaten dan voordat hij verneveling had, maar niet meer dan vorig jaar. Bedrijf H heeft meer licht toegelaten dan vorig jaar. De inzet van verneveling en ventilatie is gestuurd op RV en temperatuur in de kas. Dit is niet precies volgens het aircokasprincipe, welke ook stuurt op de verschillen in energie-inhoud tussen de buitenlucht en de kaslucht. Indien er buiten een hoge RV was, hebben de telers de verneveling wel verminderd.

Tabel 1. Freesia-bedrijven.

Bedrijf	Plaats	Maatregelen bij warmte	CO ₂	Maximaal toegelaten lichtniveau	Bodemtype
V	's Gravenzande	Broezen	OCAP	500 W/m ²	Zware zavel
D	Naaldwijk	Vernevelen	Ketel met warmtebuffer. Vanaf half augustus ook zuivere CO ₂	600 W/m ²	Zand/ lichte zavel
B	Heenweg	Enkele keer broezen	Ketel met warmtebuffer	Krijt (±50%)	Lichte zavel
H	Maasdijk	Vernevelen	OCAP	500 W/m ²	Lichte klei

1.4.1 Kasklimaat

De bedrijven zijn zodanig geselecteerd dat zij zo veel mogelijk overeenstemmen wat betreft buitenklimaat en dat zij verschillen wat betreft de klimaatregeling. Op deze manier wordt getracht de invloed van verschillende maatregelen bij warmte, waaronder vernevelen, op de productie te achterhalen.

Het kasklimaat is geregistreerd door bij ieder proefvak Growlabs op te hangen met daarin sensoren voor kas-temperatuur, planttemperatuur, grondtemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, CO₂-concentratie en hoeveelheid PAR-licht. Via LetsGrow.com konden de telers het kasklimaat on-line vergelijken. Gedurende de proef is zeswekelijks overleg geweest met de begeleidingscommissie en de betrokken telers. Hier zijn de verschillen tussen de gemeten klimaatwaarden en de laatste keren ook de productiewaarden besproken.

1.4.2 Plantmateriaal

Bij ieder bedrijf zijn 320 knollen van ieder van de cultivars Ambassador, Blue Moon en Long Beach uitgeplant in week 21 bij V, B en H en in week 22 bij D. Per cultivar waren alle knollen waren afkomstig van dezelfde partij. Overige gegevens van de planting staan in Tabel 2.

Tabel 2. Gegevens planting.

	V	D	B	H
Plantweek	21	22	21	21
Aantal knollen per regel	12	12	10	12
Aantal knollen per m ²	76,8	76,8	64,0	76,8
Lengte proefvak (in strekkende meter)	4,2	4,2	5,0	4,2

1.4.3 Teeltregistraties

De oogstrijpe takken zijn door de telers zelf geoogst en in de koelcel geplaatst. Wekelijks zijn de bloemen opgehaald door Wageningen UR Glastuinbouw. Deze heeft het totaal aantal takken en het totaal versgewicht per week geregistreerd. Van 10 takken per bedrijf per cultivar per week is de lengte en het vers- en drogestof percentage per tak geregistreerd. Aan het einde van de teelt bij de snelste bedrijven (week 41) zijn 10 planten gerooid door Wageningen UR voor bepaling van het drooggewicht van de gehele plant. De verdere productie van de bedrijven waarbij nog niet alle takken oogstrijp waren, is de productie langer gevolgd totdat deze klaar was. De 10 planten zijn daar niet uit het productieveldje, maar het naastgelegen veldje gehaald zodat dit niet ten kosten ging van de productie.

Ten behoeve van data verzameling voor een op te zetten groeimodel zijn extra gewasmetingen uitgevoerd waaronder het bladoppervlak, bladlengte, bladgewicht en knolgewicht. Deze zijn weergegeven in het rapport 'Aanvullende metingen freesia' (Labrie, 2009) en worden hier verder buiten beschouwing gelaten.

2 Resultaten

2.1 Buitenklimaat

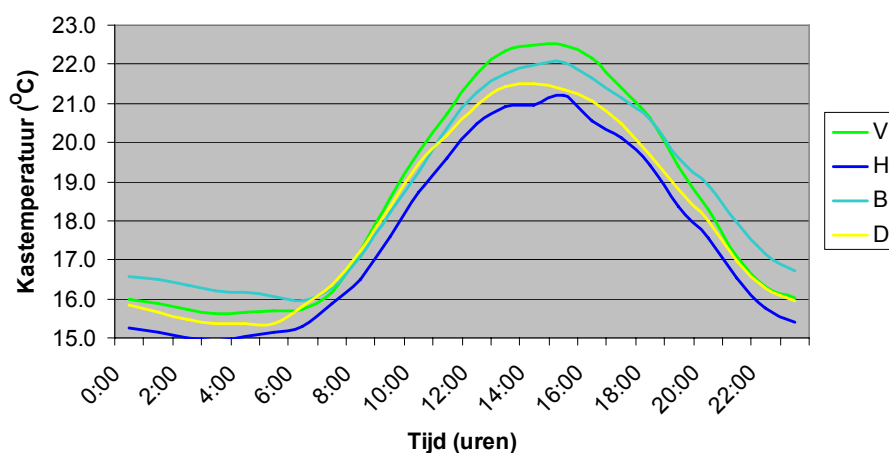
Gedurende de proefperiode is er 3% minder zonlicht geweest ten opzichte van het gemiddelde zonlicht¹ over deze periode. Wel was het iets zonniger dan in 2007. De gemiddelde buitentemperatuur gedurende de proefperiode was 16,2°C. Dit is 0,6°C lager dan gemiddeld¹. In 2007 was dit 0,8°C lager dan gemiddeld.

In 2008 waren de dagen 31 juli en 31 augustus warme dagen met een hoge instraling.

2.2 Kasklimaat

2.2.1 Kastemperatuur en planttemperatuur

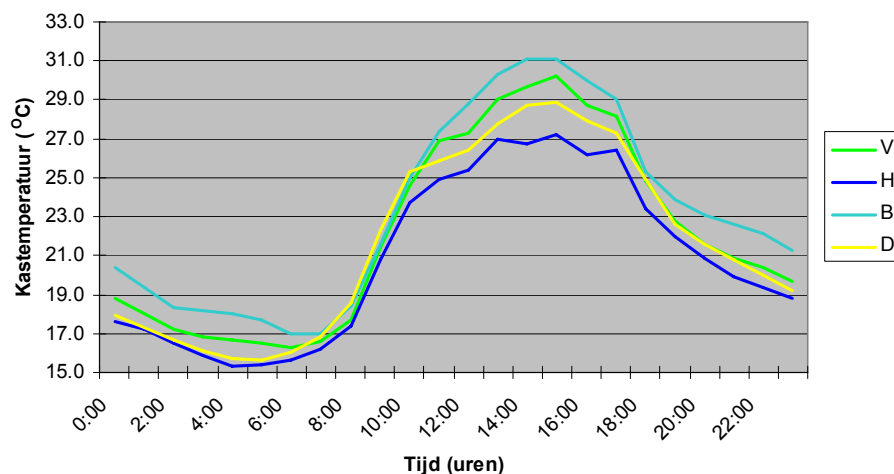
De gerealiseerde kastemperatuur gedurende het etmaal was bij de bedrijven met verneveling niet betrouwbaar lager dan bij de bedrijven zonder verneveling (Figuur 1). Het verschil tussen de twee vernevelende bedrijven is gedurende het etmaal namelijk vaak groter, dan het verschil tussen de bedrijven met en zonder verneveling. De beperkte ventilatie die het koelende effect van verneveling mogelijk maakt, zorgt ervoor dat de uiteindelijke kastemperatuur bij de vernevelende bedrijven dus niet duidelijk lager is. Gedurende de middag zijn de verschillen in kastemperatuur tussen de bedrijven het grootst. Bedrijf B heeft als enige een krijtscherm op de kas, maar deze heeft niet de laagste kastemperatuur. Wel verklaart dit de hoge kastemperatuur 's nachts, vanwege de lagere uitstraling door het krijtscherm. De andere drie bedrijven hebben bij hoge instraling geschermd. Bij bedrijven H en V was dit ingesteld bij een instraling boven de 500 W/m² en bij bedrijf D boven de 600 W/m². Dit kan de lagere kastemperatuur bij bedrijf H ten opzichte van bedrijf D verklaren. Ook is de ligging van de nok van de kas t.o.v. het Noorden en het water bij H anders dan bij de andere drie bedrijven. De hogere kastemperatuur bij bedrijf V is mogelijk te verklaren door de afwezigheid van een schermkier. Bedrijf V past geen schermkier toe om zo vocht en CO₂ beter op peil te houden. Eind september is de stooktemperatuur bij bedrijf V hoger geweest dan bij bedrijf H (resp. 13,5°C en 9,5°C). De verneveling is in die periode bij D niet vaak aan geweest, omdat de nevel niet snel genoeg verdampt en op het gewas terecht komt.



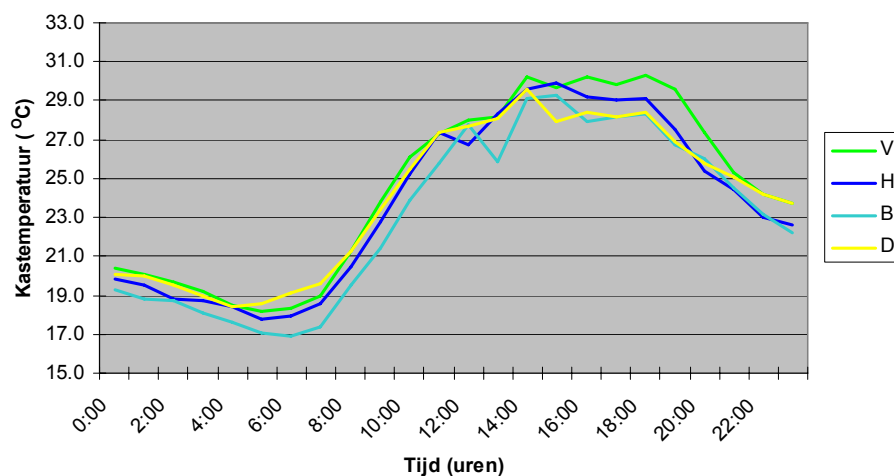
Figuur 1. Gemiddelde kastemperatuur gemiddeld per uur verdeeld over het etmaal gedurende de proefperiode.

¹ Gemiddelde tussen 10 mei en 1 oktober van de jaren 1996 en 2005, 2007 en 2008.

Op een van de warmste dagen (31 augustus) is het verschil in kasttemperatuur tussen de bedrijven met en zonder verneveling in de middag duidelijker te zien (Figuur 2a). De bedrijven met verneveling hebben in de middag een lagere kasttemperatuur, al zijn de verschillen tussen de vernevelende bedrijven onderling ongeveer net zo groot. Naast verneveling hebben andere factoren dus een minstens zo grote invloed op de kasttemperatuur. Opgemerkt moet worden dat eind augustus al minder verneveld werd omdat de buitenlucht al vochtiger werd. 31 juli was ook een warme dag (Figuur 2b). Daar zijn de kasttemperaturen bij de bedrijven ongeveer gelijk. Alleen aan het einde van de middag ligt deze bij de bedrijven V en H iets hoger. Verneveling maakt het mogelijk om dezelfde kasttemperatuur te bereiken met minder ventilatie.



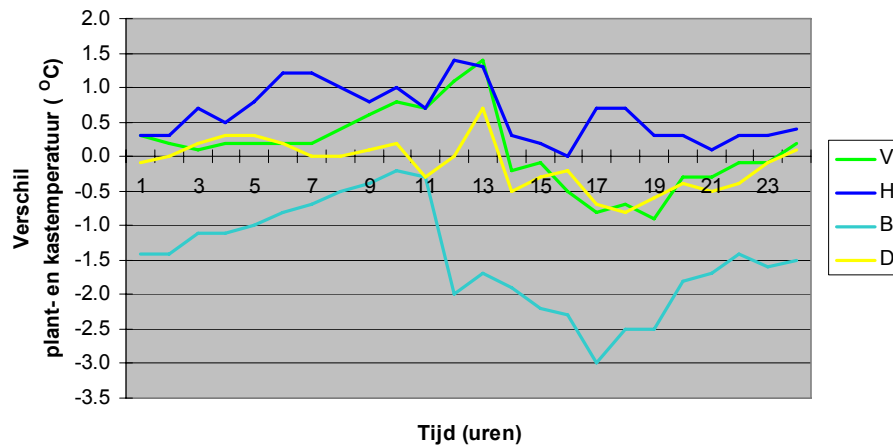
Figuur 2a. Kasttemperatuur per uur op de warme dag 31 augustus.



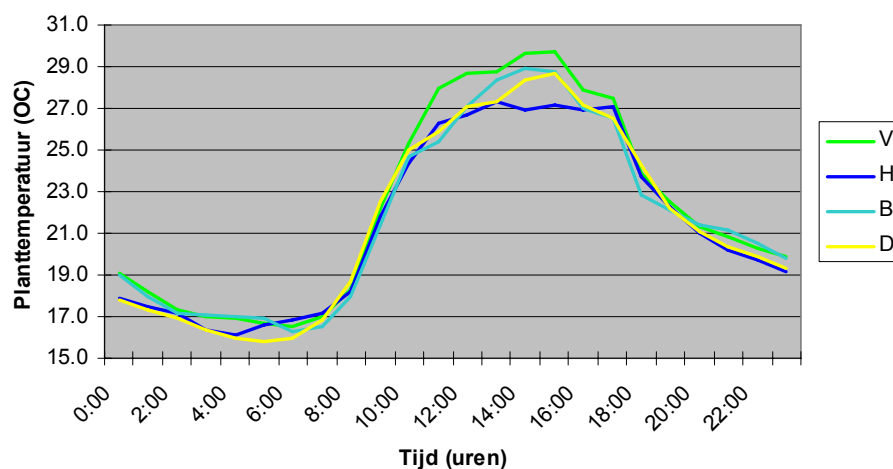
Figuur 2b. Kasttemperatuur per uur op de warme dag 31 juli.

Figuur 3 laat het verschil zien tussen de planttemperatuur en de kasttemperatuur op 31 augustus. Hier is te zien dat de planttemperatuur en kasttemperatuur redelijk dicht bij elkaar liggen. Op 31 juli waren deze verschillen nog kleiner. Ondanks de hoge instraling van deze dag, waardoor het gewas wordt opgewarmd, is het gewas dus in staat zichzelf middels verdamping te koelen. 's Nachts zijn de verschillen het kleinst en ligt de planttemperatuur gemiddeld vaak iets onder de kasttemperatuur. Dit komt door uitstraling van het gewas naar het koudere kasdek. De lage planttemperatuur ten opzichte van de kasttemperatuur bij bedrijf B, in de nacht is moeilijk te verklaren. De sterke daling rond 11 uur komt waarschijnlijk door een gietbeurt. Doordat het water vanaf het natte gewas verdampst, wordt

warmte aan het gewas onttrokken. In Figuur 4 is de planttemperatuur weergegeven en is te zien dat deze bij bedrijf B ondanks de hogere kasttemperatuur niet veel hoger is dan bij de andere bedrijven. Mogelijk is hier sprake van een meetfout. Op deze dag is rond twee uur 's middags de planttemperatuur bij de vernevelende bedrijven iets lager, maar het effect van verneveling op planttemperatuur is op basis van deze resultaten niet duidelijk aan te tonen. De planttemperatuur regelt zich voor een groot gedeelte zelf middels de verdamping, waardoor het effect van verneveling minder duidelijk wordt.



Figuur 3. Verschil tussen plant- en kasttemperatuur per uur op de warme dag 31 augustus.



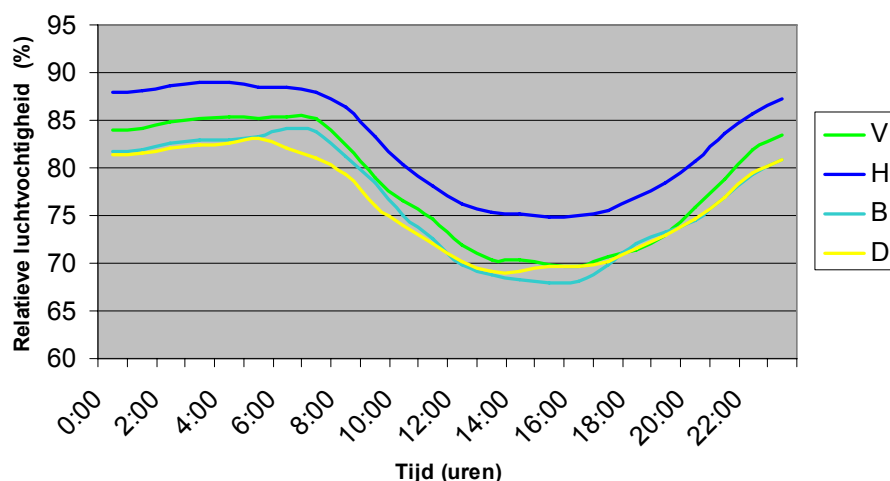
Figuur 4. Planttemperatuur per uur op de warme dag 31 augustus.

2.2.2 Luchtvochtigheid

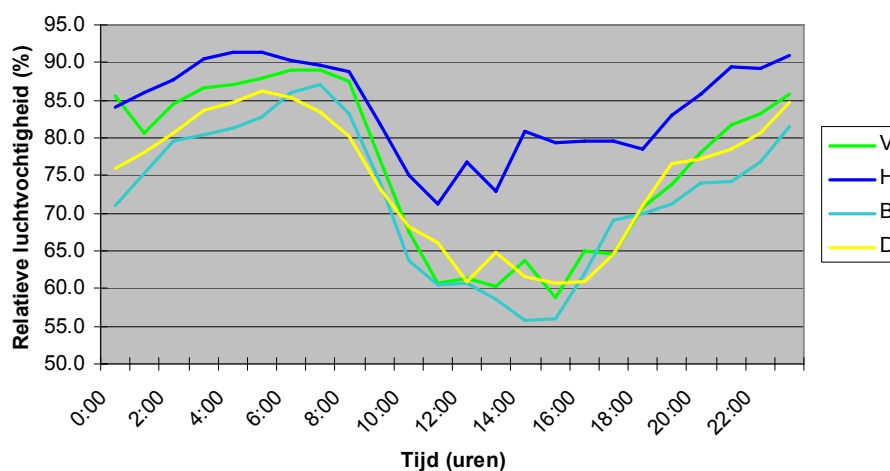
Meest opvallend aan de relatieve luchtvochtigheid (Figuur 5) is de hoge relatieve luchtvochtigheid bij bedrijf H, maar deze komt overeen met de lage kasttemperatuur bij bedrijf H. Ook op de warme dagen, zoals 31 augustus (Figuur 6) zijn de verschillen groter, maar daar is eveneens geen duidelijk effect te zien van verneveling op luchtvochtigheid.

Evenals vorig jaar heeft bedrijf D gedurende de vroege ochtend een lagere luchtvochtigheid dan de andere bedrijven. Ook dit jaar heeft bedrijf D een temperatuurstoot gegeven in de vroege morgen, om de warmtebuffer te kunnen legen.

De drie RV-sensoren van de klimaatcomputer van bedrijf D gaven hogere waarden aan dan de RV-sensor van de meetpaal bij de proef. Van 20 augustus tot 3 september was deze afwijking 9,7%. Naar aanleiding hiervan zijn de sensoren van de proef gecontroleerd, maar deze afwijkingen bleven binnen de toegestane 3%. De RV-sensor van de klimaatcomputer geeft dus mogelijk een te hoge RV aan. De verneveling is gestuurd op de sensoren van de klimaatcomputer. Mogelijk verklaart dit waarom de RV bij bedrijf D door de verneveling niet hoger is dan bij de bedrijven zonder verneveling. Een andere verklaring kan de locatie van de kas zijn. In de proef van 2007 had bedrijf D namelijk gedurende de nacht een lagere RV in vergelijking met de andere bedrijven. De geringe verdamping vanuit de bodem werd als mogelijke verklaring genoemd.



Figuur 5. Relatieve luchtvochtigheid (%) gemiddeld per uur verdeeld over het etmaal gedurende de proefperiode.

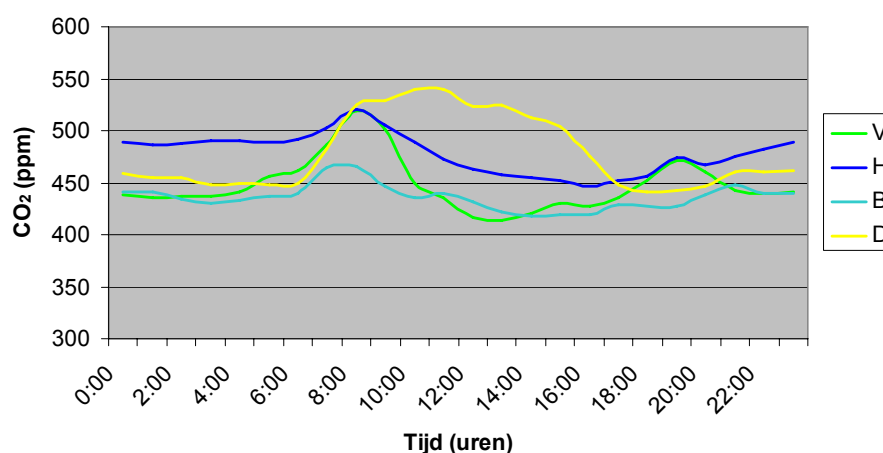


Figuur 6. Relatieve luchtvochtigheid per uur op de warme dag 31 augustus.

2.2.3 CO₂

Ondanks de grote hoeveelheid ventilatie in de relatief koude freesiaateelt, zijn bij alle bedrijven gemiddelde CO₂ niveau's van ruim boven de buitenwaarde behaald (Figuur 7). Bedrijf D weet gedurende de dag de hoogste CO₂ niveau's te handhaven. Dit is CO₂ van de ketel, waarbij gebruik is gemaakt van een warmtebuffer. In augustus is bedrijf D daarnaast zuivere CO₂ gaan gebruiken. De OCAP-aansluiting heeft gedurende de proefperiode vaak geen

CO₂ kunnen leveren. Dit kan deels verklaren waarom bedrijven V en H gedurende de dag niet de hoge CO₂-niveau's van bedrijf D hebben bereikt. Bij bedrijf H is 's nachts veel CO₂ aanwezig. Dit kwam ook in 2007 naar voren. Dit kan verklaard worden door de grote hoeveelheid organisch strooisel die bedrijf H in de bodem heeft gebracht. Bij dit verteringsproces komt CO₂ vrij. In het donker bij gesloten luchtramen loopt hierdoor het CO₂-niveau op. Een berekening aan de hand van de gemeten CO₂ waarden geeft aan dat er bij bedrijf H 20 kg CO₂ per hectare·uur¹ uit de bodem vrijkomt. Gedurende de dag neemt dit weer af doordat de planten het opnemen en door eventuele ventilatie. Het koelende effect van verneveling maakt het mogelijk dat op warme dagen minder geventileerd hoeft te worden in vergelijking met bedrijven zonder verneveling. Dit is mogelijk een van de effecten die de hogere CO₂-niveau's van de vernevelende bedrijven gedurende de dag kunnen verklaren, al zijn de effecten van de ketel- CO₂ dosering met warmtebuffer bij bedrijf D en de hoge CO₂ productie van de organische stof bij bedrijf H waarschijnlijk van grotere invloed op deze verschillen.



Figuur 7. De CO₂-concentratie gemiddeld per uur verdeeld over het etmaal gedurende de uren in de proefperiode, waarbij alle vier de bedrijven correcte gegevens beschikbaar hadden (ongeveer 1200 uur).

2.2.4 PAR

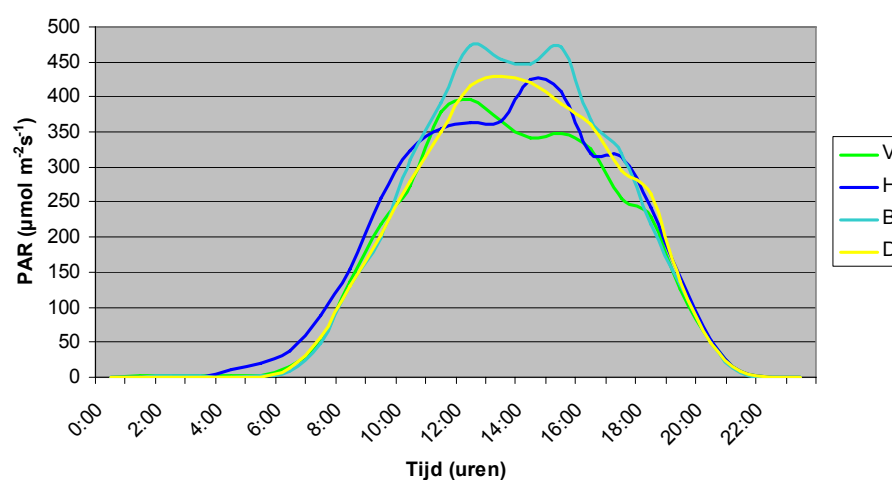
Tabel 3 geeft de lichtintensiteit weer in hoeveelheid PAR-licht per dag, gemiddeld over de proefperiode. De plant kan PAR licht alleen goed benutten voor fotosynthese wanneer voldoende CO₂ aanwezig is. In het algemeen geldt dat bij een CO₂-niveau van 300 ppm de fotosynthese slechts 74% is ten opzichte van een concentratie van 1100 ppm. In Tabel 3 is ook de berekende fotosynthese-capaciteit per bedrijf weergegeven. Dit is de correctie op het PAR-licht in verband met de gerealiseerde CO₂ concentratie. Voor CO₂ benutting is hier uitgegaan van de algemene modelberekening met een afnemende benutting bij zeer hoge waarden. Omdat de verzadiging van licht gewasspecifieker is en voor freesia het omslagpunt nog niet bekend is, is voor PAR-licht uitgegaan van de vuistregel 1% meer licht is 1% meer fotosynthese. Uit deze berekening komt naar voren dat bedrijf V een lagere fotosynthesecapaciteit heeft dan de andere bedrijven. Een hoger CO₂ niveau had de lagere hoeveelheid PAR licht ten opzichte van de andere bedrijven kunnen compenseren. Met name voor bedrijf V en B, maar ook voor bedrijven H en D geldt dat een hogere CO₂ concentratie de benutting van het toegelaten PAR licht zou verbeteren.

Figuur 8 laat de verschillen in lichtintensiteit zien gedurende het etmaal. Ondanks het krijtscherm heeft bedrijf B gemiddeld de hoogste lichtintensiteit per dag (Tabel 3), als gevolg van de hoge lichtintensiteit tussen 12 en 16 uur. Het continu aanwezige krijtscherm heeft dus in de middag minder licht tegengehouden dan het schermdoek bij de andere bedrijven dat was ingesteld bij een instraling boven de 500 W (bedrijven D en V) en 600 W (bedrijf H). De hogere lichtintensiteit in de vroege morgen bij bedrijf H is te verklaren door de belichting. In Figuur 9 is de lichtintensiteit weergegeven op een zonnige dag. Hier is duidelijk het effect van schermen (bedrijf V, H en D) ten opzichte van een krijtscherm zonder schermen (bedrijf B) te zien. Het schermen houdt veel straling, maar daarmee

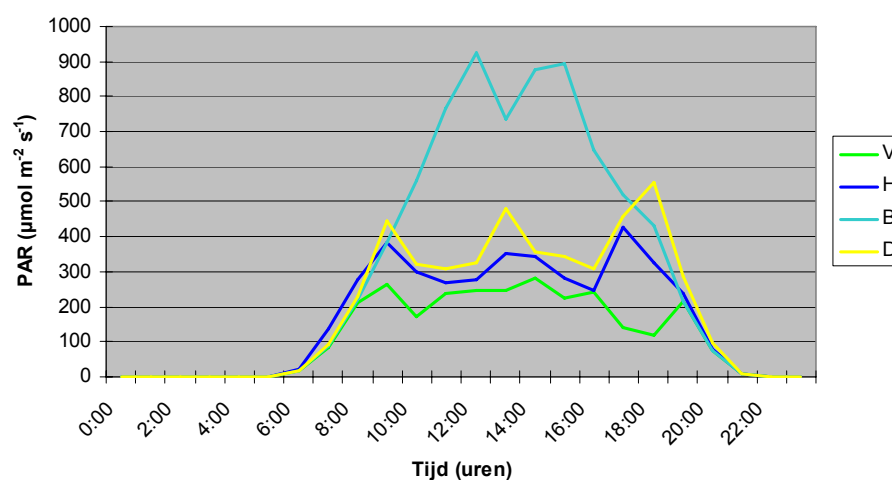
ook veel PAR (groeilicht) tegen. De schommelingen in deze grafieken worden waarschijnlijk veroorzaakt door het schermdoek en andere schaduw effecten in de kas.

Tabel 3. Berekende fotosynthese-capaciteit op basis van PAR en CO_2 -concentratie.

Bedrijf	V	H	B	D
PAR ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	148	164	170	160
PAR ($\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{dag}$)	12.8	14.2	14.7	13.8
Inzet van CO_2 (%)	81%	84%	81%	85%
Fotosynthese-capaciteit (PAR & CO_2)	10.4	11.9	11.9	11.7



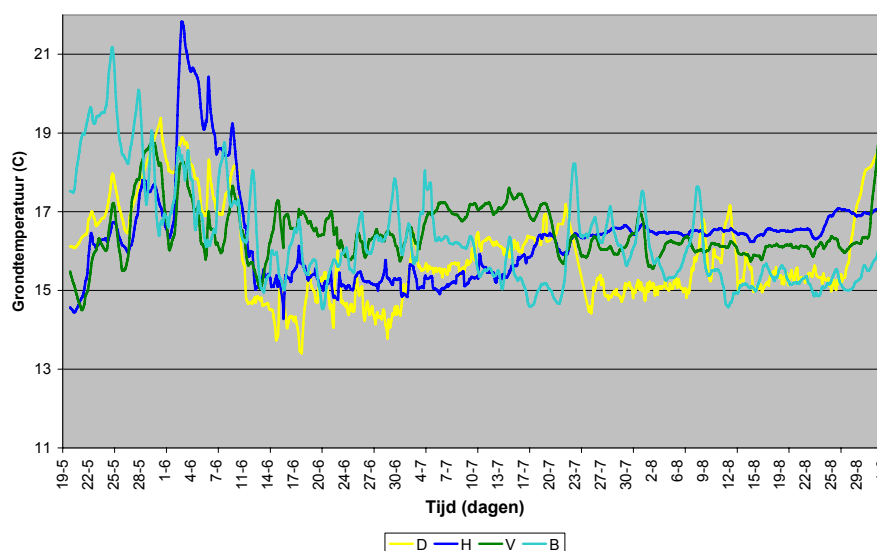
Figuur 8. Lichtintensiteit in hoeveelheid PAR gemiddeld per uur verdeeld over het etmaal gedurende de proefperiode.



Figuur 9. Lichtintensiteit in hoeveelheid PAR gemiddeld per uur op de zonnige dag 31 juli.

2.2.5 Grondtemperatuur

De bodemkoeling is bij bedrijven B, D en V rond 8 juni aangezet op respectievelijk 16,5, 15,5 en 15,8°C. Bedrijf H heeft eerst een paar dagen 19°C aangehouden en op 11 juni naar 15,5 °C gaan koelen. In de maand september is de bodemkoeling overal uitgeweest, behalve bij bedrijf H, welke 17°C heeft aangehouden. Gedurende de knopaanleg (hier in juni) is de bodemtemperatuur het meest kritisch. Bedrijf D heeft in deze periode de laagste bodemtemperatuur gerealiseerd (Figuur 10). Uitgaand van de ingestelde bodemtemperatuur zou bedrijf V niet veel hoger in bodemtemperatuur moeten zitten dan bedrijf D. De grafiek laat echter wel een behoorlijk hogere bodemtemperatuur zien. In de maand augustus kan dat veroorzaakt zijn door de beperkte watergift in die maand op bedrijf V. Een drogere bodem warmt sneller op door de zon dan een vochtige bodem. Ook het type bodem speelt hierin een rol. De zware grond van bedrijf H zorgt bijvoorbeeld voor een constantere bodemtemperatuur. Gezien het verschil in de maanden juni en juli is echter de locatie van de sensor waarschijnlijk ook van invloed geweest. Een afwijking van de afstand tussen sensor en koelslang kan tot meer dan 1°C temperatuurverschil leiden. Ook de afstand tot een druppelpunt is van belang.



Figuur 10. Grondtemperatuur gemiddeld per uur plantdatum tot september.

2.3 Productie

Van 1 augustus tot 7 november zijn de geoogste takken geteld en gewogen. Deze productiegegevens zijn weergegeven in Tabel 4. Het verloop van de productie gedurende de proefperiode is weergegeven in Figuur 11 en 12.

De *teeltduur* verschilde tussen de cultivars en de bedrijven. Long Beach was de snelste cultivar, gevolgd door Ambassador en Blue Moon. Bedrijven V en D waren ± 2 weken sneller in productie en sneller afgeogst dan bedrijven H en B. Dit is grotendeels te verklaren door de verschillen in grondtemperatuur. Vanwege de verschillen in snelheid tussen de bedrijven, zijn de waarnemingen aan knol en het gewas bij alle bedrijven en cultivars op 8 oktober gedaan. Dit was het moment waarop bij het eerste bedrijf al 90% of meer van de totale productie was geoogst bij alle cultivars en er werd gerooid. De productie bij de andere bedrijven is hierna nog gevolgd totdat >90% van de totale productie was geoogst en er werd gerooid, met uitzondering van Blue Moon bij bedrijf B. De inhaalslag in productie van bedrijf H, is te verklaren doordat deze de bodemkoeling later heeft aangezet. Hierdoor is in het begin meer blad aangemaakt alvorens met de takontwikkeling is begonnen. Door de grotere hoeveelheid blad kon de plant later in de teelt meer licht opvangen voor fotosynthese. Bij bedrijf V was de grond begin juni te nat en is het kraanvak handmatig uitgezet. Deze is pas eind juni weer aangezet, waardoor de grond te droog is geweest.

Er zijn duidelijke verschillen gevonden in *aantal geoogste takken* (hoofdtakken plus haken) tussen de bedrijven. De hoogste producties met Ambassador en Blue Moon zijn behaald door de vernevelende bedrijven D en H, zowel in aantal takken als in vers- en drooggewicht. Bij Long Beach had bedrijf D ruim de hoogste productie. Ondanks dat dezelfde partij knollen is gebruikt, was de opkomst van Long Beach bij bedrijf H minder goed dan bij de andere bedrijven.

Het *droge stof gehalte* van de takken was het hoogst bij bedrijven V en H.

Versgewicht per tak was voor alle cultivars het hoogst bij bedrijf B, gevolgd door bedrijf D.

De *langste takken* had bedrijf D. Het takgewicht per cm is het hoogst bij bedrijf B. Deze had dus de dikste takken.

De *knolproductie* in aantal knollen was het hoogst bij bedrijf V.

De totaal aangelegde hoeveelheid droge stof bestaat uit het drooggewicht van de takken die zijn geoogst gedurende de proefperiode plus het drooggewicht van het totale gewas (blad en knol) tijdens of vlak na de oogst (8 oktober). Hieruit blijkt dat bij bedrijf H, gevolgd door bedrijf D de grootste hoeveelheid droge stof is aangelegd. Bij bedrijf H zijn relatief meer assimilaten naar het blad en de knol gegaan en bij bedrijf D meer naar de takken.

Ten behoeve van de opzet van een groei-model zijn naast deze metingen, tijdens deze proef nog extra gewasmetingen uitgevoerd. Deze zijn gepresenteerd in het onderzoeksrapport 'Aanvullende metingen Freesia' (Labrie, 2009). Daar wordt dieper ingegaan op de assimilatenverdeling.

Tabel 4. Productiegegevens.

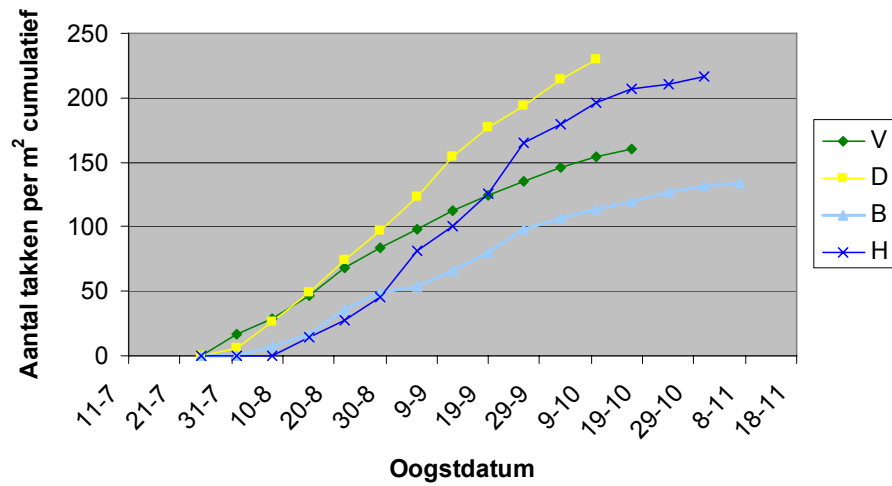
Bedrijf	V	H	B	D
Teeltduur (aantal weken) ¹				
Long Beach	11-19	12-22	12-19	10-16
Ambassador	13-22	15-24	15-25	13-20
Blue Moon	14-22	16-24	17-25 ²	14-20
Productie versgewicht (gram/m ²) ³	1490	1945	1470	2273
Productie drooggewicht (gram/m ²) ³	300	483	328	508
Productie (takken/m ²)				
Long Beach	167	160	175	210
Ambassador	129	207	132 ²	206
Blue Moon	185	283	97 ²	273
Drogestof gehalte takken (%) ³	12.5	12,3	11.7	11.7
Takgewicht vers (gram)				
Long Beach	10.1	15.0	18.1	16.4
Ambassador	16.3	19.5	22.3	20.8
Blue Moon	17.7	18.9	20.8	20.0
Taklengte (cm) ^{3,4}	40	44	43	49
Takgewicht vers/cm (gram/cm) ³	0.34	0.40	0.44	0.39
Geoogste knollen (#/veld) ³ (320 geplant)	398	298	Niet geteld	363
Drooggewicht takken+blad+knol (gram)	761	1161	823	989

¹ Periode in weken van plantdatum tot oogst eerste- en laatste takken.

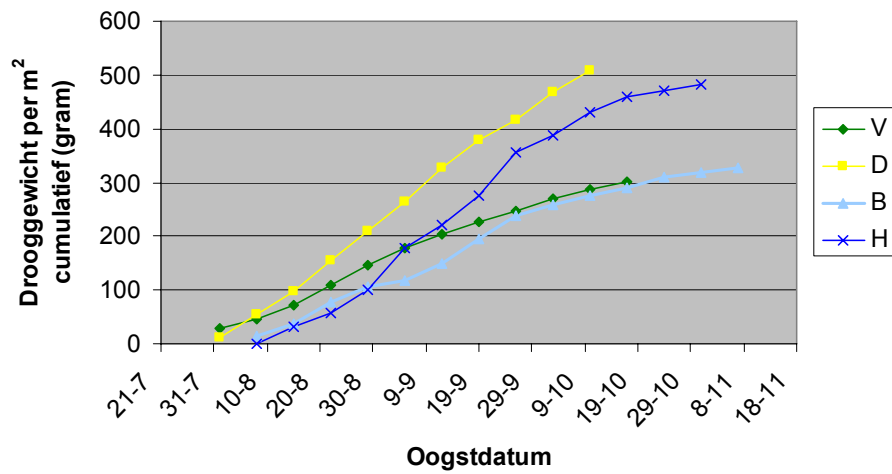
² Vanwege de lange teeltduur is Ambassador en Blue Moon bij bedrijf B gerooid toen respectievelijk 80% en 50% (grove schatting) was geoogst.

³ Gemiddeld over drie cultivars. n=30.

⁴ Taklengte gemeten vanaf onderkant eerste bloem.



Figuur 11. Aantal takken per bedrijf per netto m² bed.



Figuur 12. Takproductie per bedrijf in gram droge stof per netto m² bed.

3 Discussie

3.1 Productie en fotosynthese

Ondanks dat bij de vernevelende bedrijven D en H hogere producties zijn gevonden dan bij de bedrijven B en V zonder verneveling, is nog niet aangetoond dat dit een direct effect is van de verneveling. In deze bedrijfsvergelijking zijn namelijk andere factoren geweest die ook van behoorlijke invloed zijn geweest op de productie. De verschillen in productie hebben een positief verband met de verschillen in CO₂-niveau's. De hoge CO₂-niveaus van bedrijf D en H werden echter voornamelijk bereikt door respectievelijk de toediening van ketel-CO₂ overdag door gebruik van de buffer en door de vrijkomende CO₂ uit de organische stof in de bodem. Het is niet uit te sluiten dat het positieve effect hiervan op het CO₂-niveau en daarmee op de productie, van groter belang is geweest dan het positieve effect van verneveling op het CO₂-niveau middels de beperkte ventilatie. De positieve effecten versterken elkaar doordat de toegediende CO₂ minder snel via de luchtramen verdwijnt.

Vanwege het koelende effect van verneveling is het in theorie mogelijk om met verneveling meer straling toe te laten in de kas. Het extra PAR-licht dat op deze manier benut kan worden, kan leiden tot hogere producties. Uit de klimaatgegevens blijkt dat in deze bedrijfsvergelijking de vernevelende bedrijven over de gehele proefperiode geen hogere lichtniveaus hebben dan de bedrijven zonder verneveling. De lagere productie bij bedrijf V kan verklaard worden door het lagere lichtniveau in combinatie met het lagere CO₂-niveau in vergelijking met de andere bedrijven. Ook de beperkte watergift in juni kan de productie verminderd hebben. De berekende fotosynthesecapaciteit van bedrijven H, B en D verschilt echter nauwelijks van elkaar, terwijl B wel een lagere productie heeft. Mogelijke oorzaken van deze lagere productie bij B is de hogere grondtemperatuur waardoor de oogst werd verlaat en meer richting najaar ging. Andere oorzaak is waarschijnlijk het krijtscherm van bedrijf B. Gemiddeld over de proefperiode had bedrijf B het hoogste lichtniveau. Dit verschil met de andere bedrijven is echter ontstaan gedurende de dagen met de hoogste instraling, toen de andere bedrijven schermden. Dit hoeft niet schadelijk te zijn, maar de fotosynthese-efficiëntie vlak bij hogere lichtniveau's wel af. De vuistregel 1% meer licht is 1% meer fotosynthese, is op zonnige dagen dan bijvoorbeeld maar 0,5% meer fotosynthese, terwijl het op donkere dagen juist meer dan 1% kan zijn. Hierdoor benut de plant het licht tijdens zeer zonnige dagen minder efficiënt dan tijdens donkere dagen. Dit effect is niet meegenomen in de berekende fotosynthese-capaciteit welke uitgaat van de 1% vuistregel. Op de donkere dagen had bedrijf B door het krijtscherm lagere lichtniveau's dan de andere bedrijven. Die verschillen in lichtniveau tussen de bedrijven op donkere dagen waren weliswaar kleiner dan die op lichte dagen, maar door de lagere efficiëntie was het verschil in de werkelijke hoeveelheid fotosynthese juist groter. Daar komt bij dat bedrijf B vooral op de warme dagen een relatief laag CO₂-niveau had waardoor de fotosynthesecapaciteit afnam. Ondanks het gemiddeld hogere lichtniveau bij bedrijf B, heeft daar waarschijnlijk dus gemiddeld minder fotosynthese plaatsgevonden dan bij bedrijven D en H. Dit zou de lagere productie van bedrijf B ten opzichte van bedrijf D en H mede kunnen verklaren. Het verschil in productie tussen bedrijf D en H komt doordat bij bedrijf H meer assimilaten zijn gebruikt voor blad en knol. De totale hoeveelheid droge stof was namelijk bij bedrijf H iets hoger dan bij bedrijf D.

De reden om in de praktijk bij hoge lichtintensiteiten te schermen is om droogtestress te voorkomen. Later op de dag is dan te zien dat het blad gaat 'knijpen'. Door de verneveling ontstaat er minder snel droogtestress en kan de plant ook bij hogere lichtintensiteiten en temperaturen blijven verdampen en daarmee zichzelf koelen. Met verneveling is het dus mogelijk om meer licht toe te laten in de kas. Hierdoor is in potentie een hogere productie mogelijk. Gebaseerd op de lichtmetingen hebben de vernevelende bedrijven niet meer licht toegelaten dan de niet vernevelende bedrijven. Hier ligt dus mogelijk nog een verdere productieverbetering. De lagere productie bij bedrijf B ondanks het gemiddeld hoge lichtniveau kan er op duiden dat daar op de zonnige dagen het omslagpunt van freesia is bereikt waarboven de fotosynthese-efficiëntie begint af te nemen. Het is niet uit te sluiten dat zelfs de schadegrens is bereikt. Waar deze omslagpunten precies liggen is afhankelijk van de temperatuur en het CO₂-niveau en vereist verder onderzoek.

Tijdens het overleg kwam de vraag naar voren wat het effect is van verneveling op de verstrooiing van het licht. Het is mogelijk dat de druppeltjes het licht verstrooien en enigszins terugkaatsen, maar de verwachting is dat dit effect niet groot is. Verder onderzoek zou hier meer uitsluitsel over kunnen geven.

3.2 Temperatuur en RV

Eind augustus bleek bij bedrijf H dat de filters van de vernevelinginstallatie vuil waren. Hierdoor werd ongeveer de helft aan druk opgebouwd dan gebruikelijk. De RV-sensoren van de klimaatcomputer van bedrijf D gaven hogere waarden aan dan de RV-sensor van de meetpaal bij de proef. Van 20 augustus tot 3 september was deze afwijking 9,7%. Naar aanleiding hiervan zijn de sensoren van de proef gecontroleerd, maar deze afwijkingen bleven binnen de toegestane 3%. De verneveling is gestuurd op de sensoren van de klimaatcomputer. Mogelijk verklaart dit waarom de RV bij bedrijf D door de verneveling niet hoger is dan bij de bedrijven zonder verneveling. Ook het broezen van de bedrijven zonder verneveling zal de verschillen in RV kleiner hebben gemaakt.

De kasttemperatuur is bij de vernevelende bedrijven in de middag lager dan bij de bedrijven zonder verneveling, maar de verschillen tussen de vernevelende bedrijven onderling zijn ongeveer net zo groot. Verneveling is dus niet de enige factor die de kasttemperatuur beïnvloedt. De beperkte ventilatie die het koelende effect van verneveling mogelijk maakt, maakt de verschillen in kasttemperatuur tussen de bedrijven met en zonder verneveling kleiner. De gerealiseerde kasttemperatuur is bij de vernevelende bedrijven dus niet veel lager, maar er is minder ventilatie nodig om de lagere temperaturen te bereiken. Op zonnige dagen is midden op de dag de planttemperatuur en de kasttemperatuur bij de vernevelende bedrijven iets lager, maar het effect van verneveling op planttemperatuur is niet duidelijk aangetoond. De planttemperatuur regelt zich voor een groot gedeelte zelf middels de verdamping, waardoor het effect van verneveling minder duidelijk wordt.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

- De vernevelende bedrijven hebben hogere producties behaald dan de bedrijven zonder verneveling, maar er is nog niet aangetoond dat dit een direct effect is van de verneveling. De wijze van CO₂ dosering lijkt van grote invloed te zijn.
- De hogere productie bij de vernevelende bedrijven in dit onderzoek kan het beste worden verklaard vanuit de hogere CO₂niveau's die zij hebben bereikt. Deze hoge CO₂niveau's zijn echter voornamelijk bereikt door de toediening van ketel-CO₂ overdag door gebruik van de buffer (bedrijf D) en door de vrijkomende CO₂ uit de organische stof in de bodem (bedrijf H). Dit is mogelijk van groter belang geweest dan het positieve effect van verneveling op het CO₂-niveau middels beperkte ventilatie.
- Het effect van verneveling op het kasklimaat is ondanks de iets warmere zomer, minder sterk naar voren gekomen dan vorig jaar;
 - De kasttemperatuur is bij de vernevelende bedrijven in de middag iets lager dan bij de bedrijven zonder verneveling, maar de verschillen tussen de vernevelende bedrijven onderling zijn ongeveer net zo groot.
 - De vernevelende bedrijven hebben minder geventileerd dan in 2007, waardoor de kasttemperatuur tijdens vernevelen niet duidelijk lager was dan bij de bedrijven zonder verneveling.
- Volgens de gemeten lichtniveaus hebben de vernevelende bedrijven niet meer licht toegelaten dan de bedrijven zonder verneveling. Hier ligt nog potentie voor verdere productieverhoging. Wat op zonnige dagen de optimale lichtintensiteit is voor freesia vereist verder onderzoek.

4.2 Aanbevelingen

- Het verdient aanbeveling om vooral op zonnige dagen te streven naar voldoende CO₂ -dosering. Dit is van grote invloed op de fotosynthese capaciteit omdat het aanwezige licht dan beter wordt benut.
- Het koelende effect van verneveling kan bijdragen aan een hoger CO₂niveau omdat het beperkte ventilatie mogelijk maakt. Met verneveling beperkt schermen op zonnige dagen maakt het mogelijk de aanwezige CO₂ beter te benutten. De aanwezige CO₂ kan op deze zonnige dagen met verneveling beter worden benut. Door verneveling zakt de RV minder ver weg waardoor de droogtestress wordt beperkt en de huidmondjes langer open kunnen blijven staan en CO₂ op kunnen nemen.
- Verder onderzoek kan meer inzicht geven onder welke omstandigheden meer licht in het freesiagewas kan worden toegelaten.

4.3 Mening deelnemers

De deelnemers zijn positief over verneveling. De vernevelende bedrijven gaan door met de verneveling. Een van de vernevelende telers gaf aan dat het gewas zomers sneller groeit met de verneveling. Een van de telers zonder verneveling, gaat zich in eerste instantie meer richten op het toedienen van CO₂. Verneveling wordt gezien als een goede manier om het klimaat verder te optimaliseren. De andere teler zonder verneveling heeft verneveling ook hoog op zijn investeringslijstje staan.

Sturing van het klimaat volgens het aircokasprincipe wordt door de vernevelende telers nog als moeilijk ervaren, omdat het vaak bijgestuurd moet worden vanwege het wisselde buitenklimaat. Sturing op RV en temperatuur

setpoints vinden de telers eenvoudiger. De buitenmeting erbij wordt wel als een goede aanvulling gezien. Belangrijk in een goede klimaatsturing is het goed functioneren van de RV-sensoren. Net als vorig jaar hebben de deelnemers het onderzoek en de bijeenkomsten als leerzaam ervaren. De BCO vindt het zinvol om meerdere telers hierbij te betrekken en de resultaten breed uit te dragen.

5 **Referenties**

Raaphorst, M. 2007.

 Analyse aircokas bij Freesia. Wageningen UR Glastuinbouw. Bleiswijk.

Labrie, C.W., 2009.

 Aanvullende metingen Freesia. Wageningen UR Glastuinbouw. Bleiswijk.

