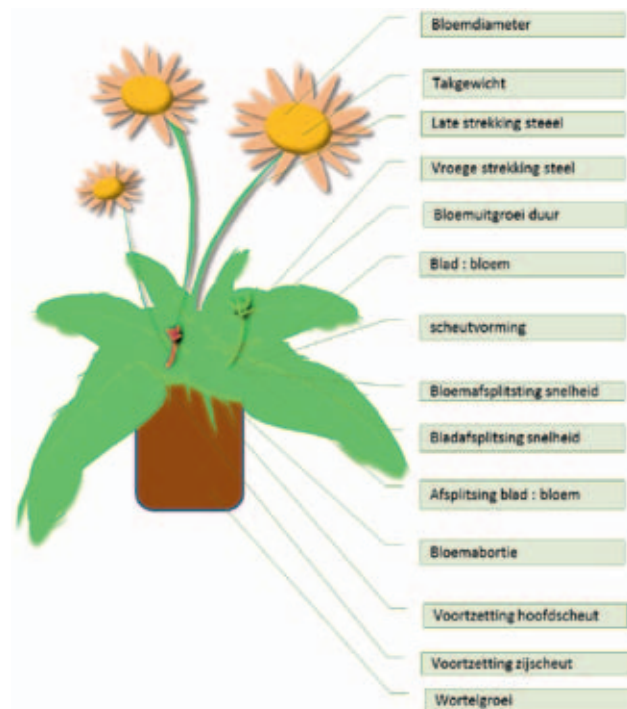




Literatuuronderzoek Bloei Gerbera

Verkenning informatie voor gewasgroeimodel Gerbera

Barbara Eveleens, Frank van der Helm en Pieter de Visser



Referaat

In deze literatuurstudie is de fysiologie en anatomie van de Gerbera onderzocht. Dit ten bate van de ontwikkeling van een groeimodel. Op basis van de literatuurstudie is de Gerbera als volgt te omschrijven. Gerbera is een kwantitatieve korte dag plant wat betekent dat over het algemeen er minder bloemen worden geproduceerd als de nachten korter worden. Bloei wordt wel gestimuleerd door assimilatiebelichting maar voor cultivars die gevoelig zijn voor een korte dag behandeling geeft assimilatie belichting alleen tijdens een korte dag een meerwaarde. Bijbelichten in de donkerste periode van het jaar heeft wel positieve effecten op de kwaliteit en productie, maar bij meer dan 12 uur per dag belichting ontstaat er na 5-6 weken een terugval in productie. Er is wel een verband tussen het aantal blad en de hoeveelheid aangelegde bloemen maar geen verband tussen het aantal blad en het aantal werkelijke gevormde stelen. Dit komt door de complexiteit aan effecten van de combinatie licht en temperatuur op de bloemontwikkeling waarin daglengte en lichtintensiteit tegenstrijdige rollen lijken te spelen. Een hoge temperatuur en relatief lage lichtniveau's stimuleren vegetatieve groei en geven meer blad en minder bloemen (door abortie). Bij lage temperaturen wordt minder blad aangelegd (lage bladafsplittingsnelheid) en gedraagt de plant zich meer generatief en vormt meer bloemen. Doordat gerbera een rozet groeiwijze kent, heeft de substraattemperatuur ook een effect op productie. Deze informatie wordt gebruikt om het groeimodel gerbera verder te ontwikkelen. Het project is mogelijk door financiering van het Productschap tuinbouw.

Abstract

In this study the physiology and anatomy of Gerbera is described from literature. Aim of the study was to describe Gerbera in order to create a grow model for Gerbera. The following is found in literature. Gerbera is a quantitative short day plant and generally fewer flowers are produced as the nights become shorter. Flowering is stimulated by assimilation lighting but if a cultivar is sensitive to a short day treatment extra lighting only has a positive effect if given during a short day. Extra lighting in the winter does have a positive effect on production and quality but if supplied for more than 12 hours per day, a drop in production is seen after 5-6 weeks. There is a correlation between the number of leaves and the number of initiated flowers but there is no correlation between the number of leaves and the actual number of developed stems. This is due to the complex interaction of light and temperature on the flower development and on the contrasting effects of day length and light intensity.

A high temperature with relatively low light levels stimulates vegetative growth giving more leaves and fewer flowers (flower abortion). Under low temperatures less leaves are formed (lower leaf unfolding rate) and the plant becomes more generative, more flowers are formed. Gerbera has a rosette habit and therefore substrate temperature can also influence flower production.

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

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

	Samenvatting	5
1	Inleiding	9
	1.1 Aanleiding	9
	1.2 Doelstelling	9
	1.3 Plan van aanpak	10
	1.3.1 Fase 1A: Literatuurstudie	10
	1.3.2 Fase 1B: Modelontwikkeling op basis van bestaande data	10
	1.3.3 Fase 1b: Validatie (testen) model met praktijkgegevens:	10
	1.3.4 Fase 1c: Opzet modelplatform	10
	1.4 Te bereiken resultaten:	10
2	Plantopbouw	11
	2.1 Algemeen	11
	2.2 Blad/bloem verhouding	12
3	De bloei van gerbera	13
	3.1 Daglengte	14
	3.1.1 Onderzoek van Leffring (1981)	14
	3.2 Daglengte in combinatie met lichtintensiteit	14
	3.3 Daglengte in combinatie met temperatuur	16
	3.4 Verlenging daglengte	17
	3.5 Lichtintensiteit	17
	3.5.1 Lichtintensiteit in combinatie met temperatuur	17
	3.5.2 Lichtsom	17
4	Temperatuur	21
	4.1 Kastemperatuur	21
	4.2 Daglengte en lichtintensiteit in combinatie met luchttemperatuur	21
	4.3 Worteltemperatuur	22
	4.4 DIF	23
	4.5 Kasklimaat (model Richter, 2001)	23
	4.5.1 Gebruikte data	23
	4.5.2 Principewerking model	23
	4.5.3 Conclusies model Richter	24
	4.6 CO ₂ , RV en Koeling	24
	4.7 Cultivar	24
5	Fotosynthese metingen	25
6	Discussie en conclusies	27
	6.1 Groei en bloei	27
	6.2 Data	28
	6.3 Leemtes in de kennis	30
	6.4 Vervolg	30
7	Literatuur	31

Samenvatting

Er is behoefte om de groeimodellen voor gerbera te verbeteren door de assimilatenverdeling binnen het gewas in relatie tot omgevingsfactoren en blad- en bloemafplitsing in beeld te brengen. Dit is nodig om te kunnen sturen op maximale bloemproductie met behoud van kwaliteit. Het is niet bekend wat de optimale verhouding is tussen daglengte, temperatuur en lichtniveau. Hierbij is de dynamiek van wisselende klimaatcondities in de tijd en de steeds wijzigende status van het gewas een extra complicerende factor. Met een model dat de processen integreert, kan dit beter in beeld gebracht worden. Zo kan bijvoorbeeld het dichttrekken van een scherm nodig zijn voor het korte dag effect, maar nadelig zijn voor planttemperatuur en/of drogestofproductie en op termijn een dunner gewas geven

Met een verbeterd groeimodel kan de rentabiliteit van de teelt van Gerbera verhoogd worden door:

1. Meer kennis van de effecten van klimaat op generatieve/vegetatieve ontwikkeling en bloemkwaliteit
2. Effectieve(re) benutting van bestaande data uit klimaatPC (en uiteindelijk ook plantsensoren) door koppeling aan een adviserend groeimodel.

Dit rapport omhelst deel 1A van het project, een literatuurstudie, waarin een overzicht gemaakt is van bestaande kennis over het effect van klimaatfactoren op groei, fotosynthese, ademhaling, afsplitsing, droge stof verdeling en bladoppervlak. De dynamiek tussen de verschillende klimaatfactoren en de toepassing van bestaand onderzoek voor het model is ook aan de orde gesteld.

Een gerberaplant heeft een sympodiale groeiwijze wat betekent dat de hoofdscheut en zijscheuten en voortzettingen (zij van zij scheuten) allemaal met elkaar verbonden zijn, en blijven tijdens de teelt. Er is wel een verband tussen het aantal blad en de hoeveelheid aanlegde bloemen maar geen verband tussen het aantal blad en het aantal werkelijke gevormde stelen. Dit komt door de complexiteit aan effecten van de combinatie licht en temperatuur op de bloemontwikkeling waarin daglengte als lichtintensiteit tegenstrijdige rollen lijken te spelen. Gerbera is een kwantitatieve korte dag plant wat betekent dat over het algemeen er minder bloemen worden geproduceerd als de nachten korter worden (d.w.z. een langere dag).

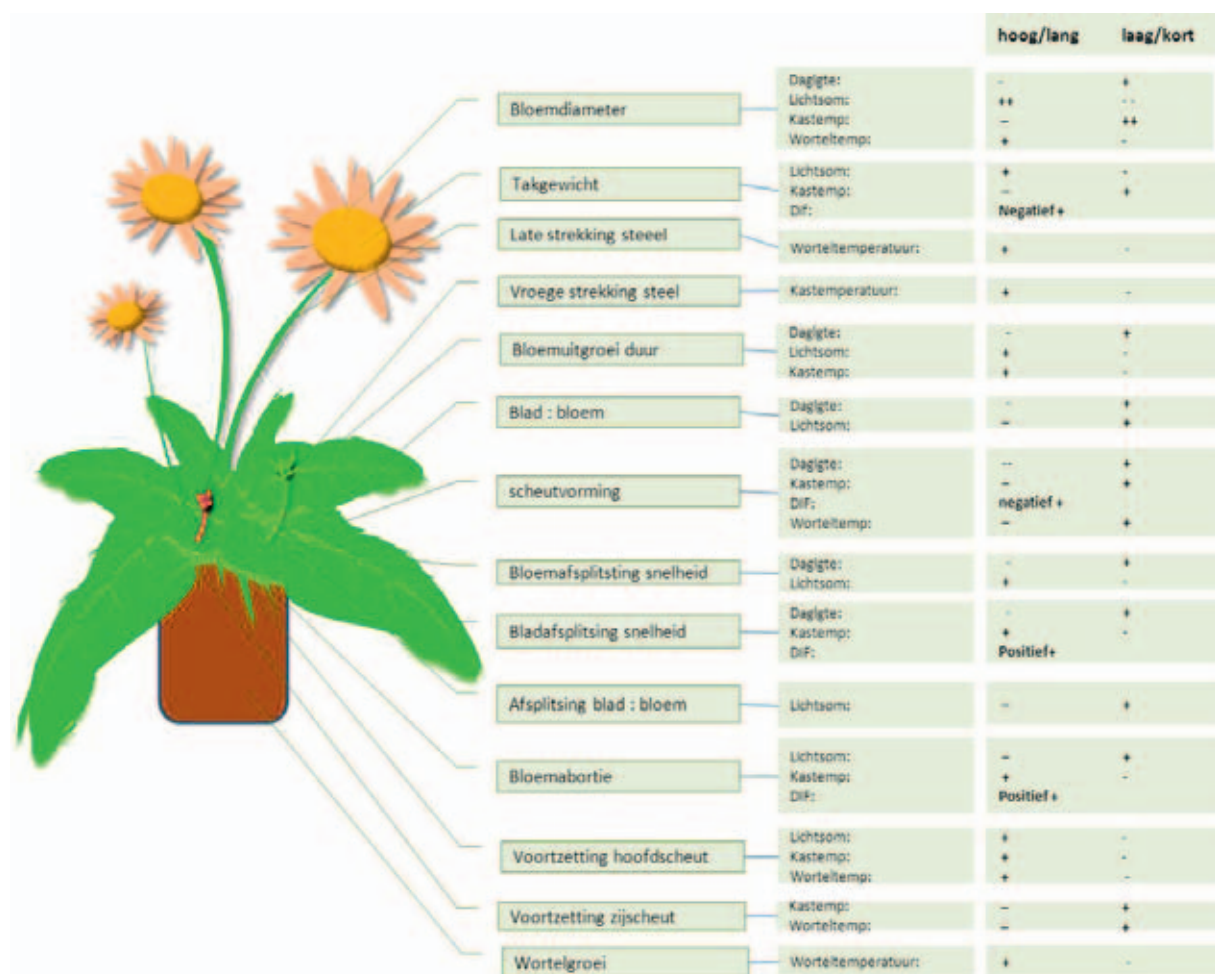
Bloei wordt wel gestimuleerd door assimilatiebelichting maar voor cultivars die gevoelig zijn voor een korte dag behandeling geeft assimilatie belichting alleen tijdens een korte dag een meerwaarde. Bijbelichten voor meer dan 12 uur werkt knopinitiatie tegen, terwijl hogere lichtniveau 's bloeiinitiatie bevorderen. Het wel of niet aborteren van een bloem is ook afhankelijk van de fase waarin de bloemontwikkeling zich bevindt bij de 'ongunstige omstandigheden' van (te) hoge temperatuur of (te) laag licht. Verschillende onderzoeken geven aan dat het aantal aanwezige zijscheuten bij het uitgroei van de eerste bloem bepalend zijn voor de productie. Dit geeft aan dat het plantvorm bij aanvang van de teelt van belang lijkt te zijn.

Bijbelichten in de donkerste periode van het jaar heeft wel positieve effecten op de kwaliteit en productie maar bij meer dan 12 uur per dag belichting, ontstaat een sterke productieterugval vanaf 5-6 weken nadat de daglengte is verlengd naar meer dan 12 uur. Deze terugval treedt niet op bij telers die minder dan 12 uur per dag belichten. Een daglengte verkorting in de zomer verlaagt de blad/bloem verhouding. Misschien is het mogelijk om verschillende daglengtes te handhaven naar, en vanaf de langste dag.

Een hoge temperatuur en relatief lage lichtniveau 's stimuleren vegetatieve groei en geven meer blad en minder bloemen (door abortie). Bij lage temperaturen wordt minder blad aangelegd (lage bladafplitsingssnelheid) en gedraagt de plant zich meer generatief en vormt meer bloemen. Een hogere lichtintensiteit stimuleert nog minder blad. Een hoge temperatuur bevordert het aantal voortzettingen op de hoofdscheut terwijl lage temperaturen en korte dag het aantal zijscheuten en hun voortzettingen bevorderen. Het is niet duidelijk wat voor effect dit heeft op het werkelijke aantal geoogste bloemen.

Doordat gerbera een rozet groeiwijze heeft is het effect van de luchttemperatuur op de plant moeilijk te beoordelen. Belichting kan ook de planttemperatuur beïnvloeden. Bodemtemperatuur stimuleert bladafsplitsing en wortel verwarming en lage luchttemperaturen verhogen de productie en kwaliteit. De temperatuur van de bodem heeft ook een effect op de planttemperatuur vanwege de plantvorm.

Het volgende Figuur 6.1 geeft de interacties weer tussen morfologie van de plant en de meest bepalende klimaatfactoren. Voor het juiste begrip van de groei van gerbera is het noodzakelijk deze interacties te zien in relatie tot de plantopbouw. De gerberaplant is opgebouwd uit aan elkaar verbonden scheuten die allen na 1 tot 5 bladeren eindigen in een paar bloemen en zich daarna voortzetten. De productie wordt bepaald door de hoeveelheid scheuten die zich voortzetten, bloemen die afsplitsen, het aantal bladeren tussen de bloemparen, de afsplitsingsnelheid, de uitgroeiduur van de bloem en bloemabortie. De basis voor de productie op lange termijn is het aantal scheuten, maar op korte termijn bepalen de afsplitsingsnelheid, het aantal bladeren tussen bloemparen, de uitgroeiduur en bloemabortie de productie. Zoals in de figuur is af te lezen zijn de meest gunstige omstandigheden voor productie min of meer tegengesteld aan die voor scheutvorming en voortzetting van zoveel mogelijk scheuten. Dezelfde tegenstelling is er ook tussen kwaliteit en abortie ten opzichte van productiesnelheid, met name bij een afnemende lichtsom.



Figuur 6.1. Samenvatting morfologie en klimaatfactoren voor snij-Gerbera.

Een hogere CO₂-niveau geeft een hogere productie maar verneveling kan een negatief effect hebben op plantkwaliteit in het najaar. Een lange nacht periode heeft ook een effect op het nachtklimaat in de kas omdat er geschermd wordt en dit kan een effect hebben op het kasklimaat (hoge luchtvochtigheid) in de nacht vooral in de zomerperiode.

Uit analyse van de huidige beschikbare data en de literatuurstudie zijn de volgende punten geïdentificeerd als gebieden waarin er onvoldoende kennis is.

- Effect plantopbouw (aan het begin van de teelt) op de productie(-potentie) en mogelijkheden hierin te sturen.
- Eenduidigheid over hoe zijscheuten en hoofdscheut elkaar remmen
- Fysiologisch concept over hoe daglengte en temperatuur interacteren t.a.v. bloei
- Effect van daglengtes van minder dan 11,5 uur met en zonder (bij)belichting
- Effect van de temperatuur van de plant (groei punt/worteltemperatuur) op bloemontwikkeling
- Cultivar effecten op daglengte reacties
- Effect van daglengtes met meer kou in de nacht, kan een langere dag aangehouden worden bij meer kou?
- Effect van lange dag in perioden met veel natuurlijk licht en voorafgaand aan perioden met minder licht.

Aan de hand van deze gegevens wordt na overleg met de Begeleidings Commissie Onderzoek een kasproef uitgevoerd.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Voor gerbera is een eenvoudig groeimodel in meerdere varianten aanwezig (De Visser e.a., 2010; Richter, 2001; QMS/DLV Plant, 2009), maar dit type model is niet gebouwd om te bepalen of de groei naar blad of bloemen gaat. Deze bestaande modellen zijn basisgroeimodellen op basis van droge stof productie, die m.b.v. klimaatgegevens de groei van het gewas berekenen via de belangrijkste groeiprocessen van de plant, zoals lichtonderschepping door bladeren, fotosynthese, ademhaling. Dit geeft als output de totale groei van de plant in aantal kilogram. Door middel van een aangenomen vaste verdeling van assimilaten wordt daar vervolgens een schatting van de bloemproductie mee gemaakt.

Vanuit andere gewassen is al veel bekend over blad- en bloemafplitsing en de droge stof verdeling. Dit worden 'sink: source' relaties genoemd. Simpel gezegd zijn 'sources' de plantdelen die assimilaten opleveren (blad) en 'sinks' de onderdelen die assimilaten nodig hebben (o.a. bloemen). Het kan gebeuren dat er veel bloemen worden afgesplitst, maar er vervolgens onvoldoende assimilaten beschikbaar zijn om ze verder te ontwikkelen. Er is dan teveel 'sink' ten opzichte van de 'source' en een deel van de bloemen wordt geaborteerd. Het is dus van belang deze in evenwicht te houden.

Er is behoefte om de groeimodellen voor gerbera te verbeteren door de assimilatenverdeling binnen het gewas in relatie tot omgevingsfactoren en blad- en bloemafplitsing in beeld te brengen. Dit is nodig om te kunnen sturen op maximale bloemproductie met behoud van kwaliteit. Het is niet bekend wat de optimale verhouding is tussen daglengte, temperatuur en lichtniveau. Hierbij is de dynamiek van wisselende klimaatcondities in de tijd en de steeds wijzigende status van het gewas een extra complicerende factor. Met een model dat de processen integreert, kan dit beter in beeld gebracht worden. Zo kan bijvoorbeeld het dichttrekken van een scherm nodig zijn voor het korte dag effect, maar nadelig zijn voor planttemperatuur en/of drogestofproductie en op termijn een dunner gewas geven

Met een verbeterd groeimodel kan de rentabiliteit van de teelt van Gerbera verhoogd worden door:

1. Meer kennis van de effecten van klimaat op generatieve/vegetatieve ontwikkeling en bloemkwaliteit
2. Effectieve(re) benutting van bestaande data uit klimaatPC (en uiteindelijk ook plantsensoren bijv. GrowWatch) door koppeling aan een adviserend groeimodel.

Dit maakt een beter afgewogen keuzemogelijk m.b.t. het brede scala aan sturingsmogelijkheden in de teelt, zodat inzet van CO₂, daglengte, groeilicht en temperatuur daadwerkelijk leidt tot een optimale balans tussen productieniveau en – kwaliteit bij een zo beperkt mogelijk energiegebruik.

1.2 Doelstelling

Literatuurstudie:

Verbetering van het bestaande gerbera groeimodel door toevoeging van het effect van klimaatcondities en daglengte op bloemproductie. Dit door middel van een verdieping vanuit de literatuur in:

- blad- en bloemafplitsing,
- droge stof verdeling tussen blad, wortels en bloemen,
- bloemabortie,
- bloemproductie
- effect worteltemperatuur op afsplitsing.

Teeltonderzoek:

Dit teeltonderzoek richt zich op het bepalen van de invloed van CO₂, lichtniveau, daglengte, en ruimtetemperatuur op de groei in zijn geheel (beschikbaarheid assimilaten en aanmaak droge stof) en afsplitsing en droge stof verdeling in het bijzonder, zodat naast fotosynthese ook de bloemproductie kan worden geoptimaliseerd. Deze nieuwe kennis is specifiek gericht op rekenregels voor maximalisering van bloemafplitsing en -productie.

Het aldus uitgebreide model wordt met een zodanige gebruikersinterface opgeleverd dat het als praktisch adviesinstrument is toe te passen. Er wordt voldoende uitleg bijgeleverd zodat een niet-specialist de software kan installeren en gebruiken.

1.3 Plan van aanpak

1.3.1 Fase 1A: Literatuurstudie

Overzicht maken van bestaande kennis over het effect van klimaatfactoren (daglengte, lichtniveau, temperatuur, DIF, CO₂, RV, worteltemperatuur) op groei, fotosynthese, ademhaling afsplitsing en droge stof verdeling, en bladoppervlak met de focus op de dynamiek hiertussen en toepassing in het model.

1.3.2 Fase 1B: Modelontwikkeling op basis van bestaande data

In deze fase worden resultaten uit voorgaande proeven nader geanalyseerd en verwerkt in een modelmatige studie. In deze onderzoeken zijn al fotosynthese modellen opgesteld en nader getoetst. Door de beschikbare data van klimaat en productie kan een eerste stap gemaakt worden naar de invloed van daglengte op bloemproductie van gerbera. De verdeling van assimilaten tussen blad en bloem maakt nog geen onderdeel uit van deze fase, omdat in de uitgevoerde proeven geen data beschikbaar zijn van de verdeling tussen blad en bloemen.

1.3.3 Fase 1b: Validatie (testen) model met praktijkgegevens:

Dit betreft de volgende datasets (indien bruikbaar):

Het Nieuwe Telen, Improvement Centre, cultivar Kimsey

GrowWatch groep bedrijf 1, cultivar Kimsey

GrowWatch groep bedrijf 2, cultivar Kimsey

GrowWatch groep bedrijf 3, cultivar Kimsey

QMS bedrijf 1, cultivar 2

QMS bedrijf 2, cultivar 2

1.3.4 Fase 1c: Opzet modelplatform

Bouwen van een prototype van de koppeling van model met het Letsgrow platform, op basis van het dan verbeterde groei-model. De werking van dit prototype geeft aan welke inspanningen er in het projectvervolg nog verwacht mogen worden t.b.v. een realistische praktijktoepassing.

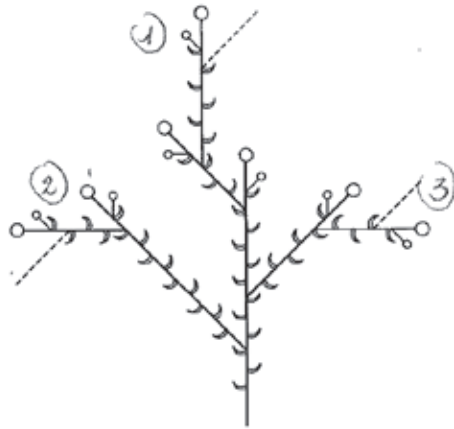
1.4 Te bereiken resultaten:

- Een kwantitatief inzicht in de effecten van klimaat op groei, bloemontwikkeling en droge stof verdeling van Gerbera.
- Een voor telers bruikbaar computerprogramma met model waarmee de groei en bloemproductie berekend wordt in relatie tot klimaatfactoren en energie-input. Dit is een hulpmiddel op basis waarvan zij gericht actie kunnen nemen om de bloemproductie en energie-efficiency te verbeteren.
- Het programma kan zowel “stand-alone” als gekoppeld aan het Letsgrow platform functioneren.
- Waar mogelijk worden vuistregels opgesteld zodat ook telers die minder met de computer werken baat hebben bij de opgedane kennis.

2 Plantopbouw

2.1 Algemeen

In het proefschrift van Leffring (1981) is gedetailleerd onderzoek uitgevoerd aan de opbouw van een gerberaplant gedurende 2 jaren. Hieronder volgt een aantal conclusies uit haar onderzoek (zie ook Figuur 2.1.).



Figuur 2.1. Schematische gerberaplant met 1 = hoofdscheut met voortzetting, 2 en 3 = zijscheut met voortzetting.

In Figuur 2.1. is de groei van een gerberaplant beschreven. Een gerberaplant heeft een sympodiale groeiwijze. Ter verduidelijking; dit is een groeiwijze die ook een tomaat volgt en is het best te omschrijven als een opeenstapeling van scheuten die eindigen in een bloeiwijze. Bijvoorbeeld een tomaat maakt 3 bladeren waarna de scheut eindigt in een bloemtros. Bij gerbera kunnen dit dan 1 tot 5 bladeren zijn, waarna altijd twee bloemen worden gevormd (een bloempaar). De stengel zet zich dan voort met een nieuwe scheut, dit wordt door Leffring een voortzetting genoemd. De scheuten zijn zo met elkaar vergroeid dat het één stengel lijkt te zijn. Daarnaast maakt een gerberaplant zijscheuten. Ook deze eindigen in een bloempaar en zetten zich voort met een nieuwe scheut.

- Het aantal bladeren op een zijscheut tot de eerste bloem is lager wanneer de zijscheut in april, mei is gevormd dan in oktober. De lengte van de zijscheuten die gevormd worden hoger op de plant zijn korter (minder bladeren) dan die gevormd lager in de plant.
- Toenemende bladproductie geeft toenemende bloemproductie maar hogere bloemknopabortie. Daardoor is er weinig verband te vinden tussen blad- en bloemproductie.
- Het aantal bladeren wordt ook medebepaald door bladeren die gevormd worden vóór de eerste bloemknop. Het aantal bladeren wordt ook bepaald door de hoeveelheid blad op een zijscheut voordat daar de hoofdbloem wordt gevormd.
- De 'voortzetting' van de hoofdas (hoofdscheut) is bepaald door de uitgroei van een zijscheut op de hoofdas.

Door de sympodiale groeiwijze zijn de hoofdscheut en alle zijscheuten en voortzettingen (zij van zij scheuten) allemaal met elkaar verbonden tijdens de teelt. Waarschijnlijk is hierdoor de onderlinge concurrentie door vele bloemknoppen groot (Leffring, 1981).

2.2 Blad/bloem verhouding

Er is een correlatie tussen scheut-, blad- en bloemproductie maar de trends zijn ingewikkeld (Leffring, 1973). Het aantal bladeren en het aantal geoogste bloemen tonen geen correlatie met elkaar. Maar bloemproductie is wel gecorreleerd met het aantal zij scheuten en meer zij scheuten geven meer bladeren. De volgende punten geven aan waarom de hoeveelheid blad niet correleert met het aantal geoogste bloemen.

- Bij een toenemend aantal zij scheuten neemt de blad/bloem verhouding toe, omdat zij scheuten meer blad afsplitsen dan een voortzetting voordat een bloempaar is gevormd.
- De meest productieve planten hebben twee of meer zij scheuten en een blad/bloem verhouding van 2 tot 4.

Meynet (1974) stelt een model voor om bloemproductie te correleren met het aantal zij scheuten en de snelheid van bloei. In beide onderzoeken van Meynet en Leffring wordt het aantal aanwezige zij scheuten bij de uitgroei van de eerste bloem genoemd als bepalend voor de productie. Waarschijnlijk kan een gerberaplant maar een beperkt aantal zij scheuten en daarmee geassocieerde bloemmeristemen onderhouden: indien meer wordt aangelegd, aborteert dat altijd. In de praktijk kunnen planten die in gewasverband staan soms veel (dan weer weinig) ruimte krijgen in loop van de teelt (bijv. doordat de buurplant ziek wordt en achterblijft in groei), en dan extra scheuten aanmaken die er bijna als een afzonderlijke, nieuwe plant uit zien. Die nieuwe uitstoeling kan dan volgens het concept van het functioneel evenwicht (Brouwer, 1962, en gebruikt in model Richter, 2001) weer meer bloemmeristemen onderhouden. Waarschijnlijk zal het werk van Leffring niet geschikt zijn om voorspellingen te doen bij wisselende plantdichtheden of lichtsommen die het functioneel evenwicht beïnvloeden.

3 De bloei van gerbera

Roh (1984) noemt gerbera een kwantitatieve korte dag plant omdat onder korte dagen meer oogstbare bloemen worden geproduceerd. Ook in lange dagen bloeit de gerbera, maar het aantal bloemen is lager. Chrysant is een voorbeeld van een kwalitatieve korte dag plant en heeft een bepaalde donkere periode nodig waarna bloei optreedt. Dit luistert veel nauwer dan bij een kwantitatieve korte dag plant. Het aantal bloemknoppen is bij Gerbera afhankelijk van het totaal aantal voorzettingen van de hoofdscheut, het aantal bloeiende zijscheuten en de voortzettingen ervan (Leffring, 1981). Onder natuurlijke omstandigheden volgt het aantal stuks per m² de straling met een vertraging van een paar weken. Echter daglengte beperking in de zomer heeft een positief effect op bloei. Dagen tot bloei en percentage bloei waren significant verhoogd door korte dag ongeacht cultivar en seizoen. Er is veel onderzoek gedaan aan de relatie licht in combinatie met daglengte. In onderzoek van Leffring (1981), Lin en French (1985) en Autio (2000) zijn al duidelijke trends waarneembaar geweest. Sinds een jaar of 5 heeft daglengte onderzoek in de praktijk (Wessels en Verberkt, 2005 en Dings en Verberkt, 2007 en 2008) aangetoond dat ook voor de praktijk daglengte verkorting de productie verhoogt.

In onderzoek met *Gymnaster savatieri* 'Kitamura' naar bloemabortie ten gevolge van schermen (zwarte kaasdoek – geen lichtniveau aangegeven) en/of hoge temperaturen (30-35 °C gedurende 5 uur van 10-15 uur) tijdens bloemontwikkeling kwamen Shigeoka *et al.* (1993) tot de volgende conclusies:

- Bloemknopabortie was waargenomen tijdens de eerste 7 'stadia' van bloemknopontwikkeling. Deze stadia waren van vroege formatie van 'deel bloemen' in het hart van de bloem tot aan de formatie van de gesloten knop met alle ontwikkelde bloemonderdelen.
- Er was geen bloemknopabortie 7 tot 10 dagen na formatie van een gesloten knop
- Het percentage abortie nam toe als de hoge temperaturen meer dagen (0,5, 10 of 20 °C) aangehouden werden.
- Percentage abortie nam toe met langer schermen (0,5, 10 of 20 dagen).
- Percentage abortie nam af naarmate de ontwikkelingsstadia verder waren.

Dit onderzoek geeft aan dat bloemknopabortie afhankelijk is van het stadium van de bloemknopontwikkeling.



Gymnaster savatieri.

3.1 Daglengte

3.1.1 Onderzoek van Leffring (1981)

Naar aanleiding van het onderzoek door Leffring wordt het duidelijk dat daglengte en temperatuur niet los van elkaar gezien kunnen worden in de ontwikkeling van een gerberaplant. Hieronder volgen de belangrijkste conclusies uit het onderzoek wat betreft daglengte (voor informatie over daglengte en temperatuur zie sectie 3.3). In het onderzoek van Leffring zijn 4 'soorten' zaailingen met uiteenlopend gedrag vanaf december tot oktober zijn gevolgd.

- Korte dag (KD) (8 uur natuurlijk licht) verkleint het aantal weken vóór het verschijnen van de eerste bloemknop ten opzichte van een lange dag (LD) (LD=+8 uur stuurlicht 25W/m²).
- Het aantal 'voorzettingen' is hoger op de hoofdscheut onder HT (hoge temperatuur) en KD.
- KD en LT (lage temperatuur) geven meer zijscheuten en daaruit volgend ook meer 'voortzettingen'
- De daglengte (DL) heeft een gering effect op het aantal bladeren.
- KD geeft meer bloemknoppen en LT versterkt dit effect. Verdeling van de bloemknoppen over hoofd- en zijscheut is afhankelijk van temperatuur; bij een HT heeft de hoofdscheut meer bloemknoppen en bij lage temperatuur hebben de zijscheuten meer bloemknoppen.
- Bij DL van 12-16 uur zetten minder zijscheuten zich voort dan bij een daglengte van 8 of 10 uur
- DL heeft geen effect op abortie, dit is meer een kwestie van licht intensiteit

Roh (1984) vond dat een nachttemperatuur van 15.6 °C een optimale bloei-inductie gaf. Bloemen waren onder 8 of een 16 uur wel geïnitieerd, maar de korte dag versnelde bloei. Dagen tot bloei en percentage bloei waren significant verbeterd door korte dag. Als de nachttemperatuur lager was dan 15.6 °C had korte dag een positief effect op knopontwikkeling, echter bij 18.3 °C was knopontwikkeling niet beïnvloed door daglengte. Het is echter ook belangrijk de tijdsduur van een behandeling te weten.

3.2 Daglengte in combinatie met lichtintensiteit

Lin en French (1985) vonden dat het effect van daglengte afhankelijk was van de cultivar. 'Appelbloesem' was ongevoelig voor daglengte. Een korte dag in de zomer/herfst periode gaf geen toename van productie en een lange dag (met dagverlenging 9.3 $\mu\text{mol/s/m}^2$) gaf geen afname van productie in de herfst/winter periode (Figuur 3.1.). Productie van de andere twee cultivars in dit onderzoek 'Oranje Nassau' en 'Fabiola' waren wel beïnvloed door daglengte met een toename onder korte dag in de zomer/herfst periode en een afname onder lange dag. 16 uur assimilatie belichting (60 $\mu\text{mol/s/m}^2$) gaf een verhoogde productie ten opzicht van 16 uur door dagverlenging. Echter dit onderzoek roept een aantal vragen op. In de herfst/winter periode hadden alle cultivars een redelijk gelijke productie onder assimilatie belichting en korte dag. Maar het is opvallend dat 16 uur assimilatie belichting bijna net zo effectief is in het bevorderen van de bloei als korte dag.

Tabel 3.1. Productie van de cultivars 'Appelbloesem', 'Oranje Nassau' en 'Fabiola' met verschillende daglengteverlenging van 9.3 $\mu\text{mol/s/m}^2$ en 60.1 $\mu\text{mol/s/m}^2$

Daglengte (uur)	Lichtintensiteit ($\mu\text{mol/s/m}^2$)	'Appelbloesem' (bloem/pot)	'Oranje Nassau' (bloem/pot)	'Fabiola' (bloem/pot)
8	-	10.9	9.3	6.9
16	9.3 (100 lux)	10.1	3.9	1.4
16	60.1 (500 lux)	13.9	8	6.4
Natuurlijke dag		7.9	4.4	4.5

Lin en French (1985).

Deze conclusies zijn ook bevestigd door onderzoek van Wessels en Verberkt (2005). 16 uur assimilatie belichting van 5750 lux geeft minder productie dan een daglengte van 11,5 uur in alle vier geteste cultivars. De verklaring door Lin en French (1985) is dat een lange dag knopinitiatie tegengaat, terwijl een hoog lichtniveau bloei initiatie bevordert. Voor cultivars die ongevoelig zijn voor daglengte is een productieverhoging door assimilatiebelichting gedurende een lange dag soms wel te overwegen terwijl voor kortedag cultivars assimilatiebelichting alleen tijdens de korte dag periode meer opbrengst geeft.

In onderzoek van Van Os *et al.* (1989a) is in de periode september tot en met december met daglengtes (12, 14 en 20 uur) belicht (3.7, 7.4 en 14.7 W/m²). Voor de cultivars 'Rozamunde', 'Terraflame' en 'Amber' geeft meer licht (zowel uren als intensiteit) een hogere opbrengst. Deze proef heeft echter tot januari gelopen en het is de vraag of de lange dag omstandigheden ook in januari de bloemontwikkeling bevorderen. Waarschijnlijk is er dan een reactie op de lange dag door verminderd scheut productie (Leffring, Lin en French en Wessels en Verberkt).

Autio (2000) heeft in Helsinki (60.2N) een serie experimenten gedaan waarin de effecten van daglengte, lichtintensiteit en lichtsom op het aantal bloemen per plant en droog gewicht (g/plant) onderzocht zijn. Zijn conclusies waren dat assimilatiebelichting (75, 150 en 300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) onder korte dag omstandigheden (12 uur) meer bloemen gaf. Als de lichtintensiteit verhoogd werd van 75 naar 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ was de bloemproductie bijna 50% hoger in beide cultivars. Wat betreft de lichtsom; bloemproductie was verhoogd in 'Estelle' (+30%) door assimilatie belichting van 12 naar 24 uur te verlengen maar verlaagt in 'Ximena' (-13%). De twee cultivars reageren anders op licht, zowel qua bloemproductie als in droog gewicht per tak.

Pettersen en Gislerod (2003) hebben tussen januari en juni experimenten uitgevoerd in Duitsland om de effecten van temperatuur, daglengte en lichtregimes op productie, kwaliteit en houdbaarheid van gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus.) te onderzoeken. De planten werden gekweekt onder verschillende temperaturen (18, 21, 24 en 27°C), daglengtes (10 en 20 uur) en lichtregimes (10 uur, 10 en 20 uur in een 4-week periode, 10 en 20 uur in een 6-week periode, en 20 uur). De hoogste productie was gevonden bij de planten onder 21°C. Verhogen van de temperatuur naar 24 en 27°C verlaagde de productie met 21 en 56%, respectievelijk. Een verhoging van de temperatuur gaf een lagere stengel diameter, versgewicht en houdbaarheid. De hoogste productie was gevonden bij daglengte onder 20 uur, indien de hele periode in beschouwing genomen wordt. In de eerste maanden was het natuurlijke lichtniveau laag en de planten bij 20 uur daglengte gaven de hoogste productie. Toen het natuurlijke lichtniveau toenam waren het de planten onder 10 uur licht (constant of gedeeltelijk) die de hoogste productie gaven.

Uit onderzoek met daglengte en lichtintensiteit komen Wessels en Verberkt (2005) tot de conclusie dat de productie in de behandelingen waarin langer dan 11,5 uur belicht wordt, in de loop van het seizoen afneemt. In het begin van het seizoen was de productie vaak het hoogst indien 20 uur belicht werd. In dit onderzoek (Figuur 3.2.) is het cultivareffect sterk, 'Luna' en 'Timo' geven een meeropbrengst t.o.v. 11,5 uur 5750 lux in stuks/m², alleen bij 11,5 uur en 10.000lux. 'Grizzly' en 'Husky' gaven meer opbrengst bij alle behandelingen van 10.000 lux ongeacht de daglengte. Extra daglengte gaf geen extra productie. De conclusie hieruit is dat een hogere lichtintensiteit vooral meerwaarde heeft als het in een 'korte' daglengte (in dit geval 11.5 uur) aangehouden wordt. Dit onderzoek bevat bruikbare data omdat er productiedata, gewicht en lengte bloem, bloemdiameter en een kwaliteitsaanduiding (g/cm bloem) van 4 cultivars per periode opgenomen is.

Tabel 3.2. Meerproductie in stuks per m² ten opzichte van 11,5 uur belichten met 5750 lux per cultivar en behandeling, geteld van periode 8-2004 t/m periode 6-2005.

Daglengthe (uur)	Lichtniveau (lux)	Luna (aantal/m ²)	Grizzly (aantal/m ²)	Timo (aantal/m ²)	Husky (aantal/m ²)
11,5	5750				
11,5	10.000	40.6	42.2	73.8	60.2
16	5750	-29.6	-39.3	-80.8	-24.1
16	10.000	-19.3	23.1	-6.7	42.2
20	5750	-51.2	-8.2	-110.4	-5.0
20	10.000	-34.4	27.3	-19.5	58.2

Wessels en Verberkt, 2005

Onderzoek op de effecten van korte dag op productie (Dings en Verberkt, 2007) bevestigt het feit dat korte dag de productie verhoogt. Een verduistering (11,5 uur dag) vanaf week 12 tot week 40 gaf een meerproductie van 8% bij de mini's ('Bizon', 'Cristal Kimsey') en van 19,5% tot 29,5% bij de grootbloemige soorten ('Cherany', 'DeepPurple', 'EasyLover' en 'RisingSun'). Hier was de lengte van de bloemen in de korte dag behandeling korter dan in de controle behandeling met natuurlijke daglengthe. In dit onderzoek is door toepassing van een korte dag een veel generatievaker gewas verkregen.

Deels voortbordurend op dit onderzoek hebben Dings en Verberkt (2008) de effecten van korte dag met en zonder verneveling op de productie en kwaliteit van de bloemen onderzocht. De meerproductie bij de mini's ('Harley', 'Husky', 'Kimsey', 'Timo') is gemiddeld over de rassen 14,1% door toepassing van KD en 18,3% door toepassing van KD in combinatie met 'airco' koeling. Bij de grootbloemigen ('Heatwave', 'Optima', 'Red Explosion', 'Ruby Red') is de gemiddelde meerproductie 11,7% door toepassing van KD en 15,8% door toepassing van KD in combinatie met 'airco' koeling. De onderlinge verschillen tussen de rassen zijn echter erg groot. De KD kas met koeling heeft bij 5 rassen ('Harley', 'Husky', 'Timo', 'Heatwave' en 'Red Explosion') een duidelijke meerproductie gegeven ten opzichte van alleen KD, bij twee rassen ('Optima' en 'Ruby Red') is geen duidelijk verschil geconstateerd en bij 1 ras ('Kimsey') is juist een achterstand in productie geconstateerd ten opzichte van alleen KD.

Uit deze beide onderzoeken (Verberkt en Dings, 2007 en 2008) is voor het model beschikbare data voorhanden omdat naast productie en kwaliteit ook klimaatgegevens gemeten zijn.

3.3 Daglengthe in combinatie met temperatuur

Zoals eerder genoemd worden meer bloemen gevormd onder een korte dag. Er is echter wel een samenspel met temperatuur. Leffring (1981) heeft dit onderzocht op 4 'zaailingen' met zeer uiteenlopend gedrag.

- Bij KD en lage temperatuur (LT) (17/13) wordt minder blad geproduceerd (lager bladafsplitsing) dan bij KD en hoge temperatuur (HT)(25/21) omdat de bladafsplitsing bij lage temperatuur lager is. Bij hoge temperaturen worden meer bladeren per eenheid tijd afgesplitst dan bij lage temperatuur.
- Het verschil in aantal bladeren bij HT en LT maakt niets uit voor het bloeitijdstip omdat bladafsplitsingssnelheid hoger is bij HT.
- Het aantal 'voorzettingen' is hoger op de hoofdscheut onder HT en KD.
- KD en LT geven meer zijscheuten en daaruit volgend ook meer 'voortzettingen'
- KD geeft meer bloemknoppen en LT versterkt dit effect. Verdeling van de bloemknoppen over hoofd- en zijscheut is afhankelijk van temperatuur; bij een HT heeft de hoofdscheut meer bloemknoppen en bij lage temperatuur hebben de zijscheuten meer bloemknoppen.
- Ontwikkeling van hoofd- en zijscheut zijn afhankelijk van temperatuur; bij een HT heeft de hoofdscheut meer bloemknoppen en bij lage temperatuur hebben de zijscheuten meer bloemknoppen.

3.4 Verlenging daglengte

Het is wel mogelijk de daglengte te verlengen boven 11,5 uur om meer bloemen te krijgen als bijvoorbeeld de bloemen goed betaald worden. Ongeveer 6 tot 7 weken hierna treedt dan een productie dip op (Wessels, 2004). In onderzoek door Labeke en Dambre (1999a) is dit ook opgemerkt. Toepassing van assimilatiebelichting (16 uur) van september tot juni bij 'Tiffany' resulteerde in een toename in productie in de winter, maar in het voorjaar was de productie onverwacht lager dan de controle zonder belichting. De bloemstengels waren wel langer (van december tot april) en zwaarder (van oktober tot mei).

Ook Dings en Verberkt (2008) merken op dat gerberatelers in Nederland die hun gewas meer dan 12 uur per dag hebben belicht, allen geconfronteerd worden met een sterke productierugval vanaf 5-6 weken nadat de daglengte is verlengd naar meer dan 12 uur. Deze terugval is niet opgetreden bij telers die minder dan 12 uur per dag belichten. Zij geven aan dat uit fotosynthesemetingen blijkt dat de assimilatie minder efficiënt verloopt. Daarnaast lijkt de knopaanleg bij lange belichtingsduren achter te blijven. De productie bij 11,5 uur belichten was daardoor in de tweede helft van het belichtingsseizoen (het voorjaar) juist hoger. Voornamelijk de gevoeligheid van Gerbera om bij daglengtes langer dan 11,5 uur een verminderde knopaanleg te vertonen lijkt een barrière te zijn om investeringen, zoals belichting, optimaal te benutten. In de praktijk waarin de periode dat de natuurlijke daglengte langer is dan 11,5 uur, word de productie verhoogd door met een verduisteringsdoek de daglengte te beperken.

3.5 Lichtintensiteit

3.5.1 Lichtintensiteit in combinatie met temperatuur

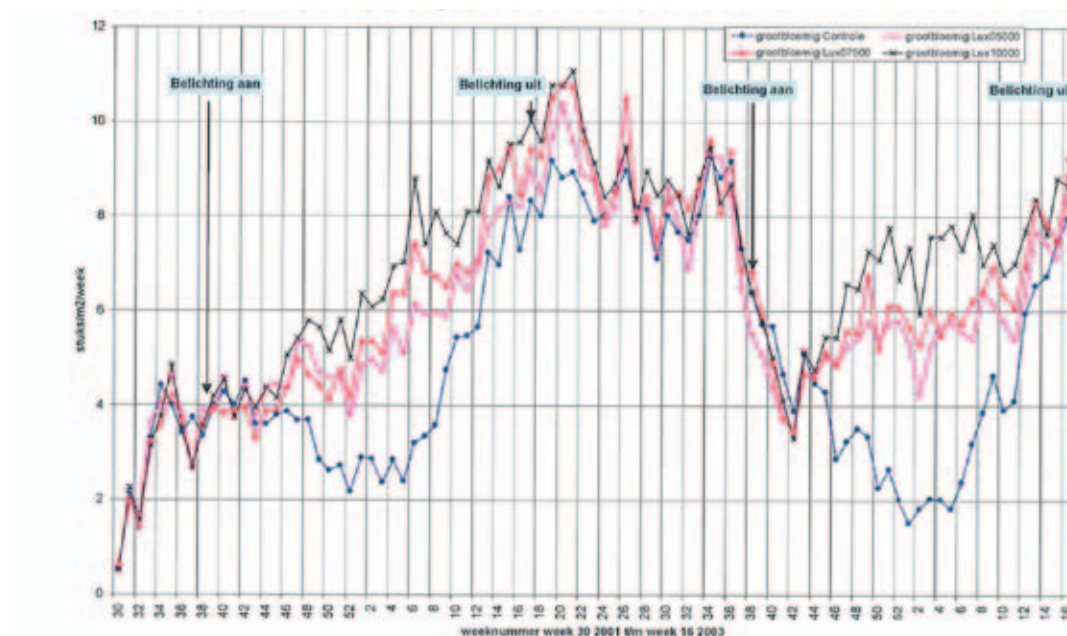
In onderzoek van Leffring (1981) is een hoog lichtintensiteit (HLI) (8 uur daglengte en 8 uur 13.500 W/m²) bevorderlijk voor een snelle bloei en voor het stimuleren van zij scheuten. Een hoge temperatuur (25 °C) stimuleert bladafplitsing. Als het lichtniveau lager wordt dan moet de temperatuur omlaag om voortzetting te stimuleren. Een laag lichtintensiteit (LLI) (8 uur daglengte en 8 uur 25 W/m²) bevordert bloemknopabortie, en in combinatie met HT is er nog meer bloemknopabortie. In de zomer speelt dit niet en dit kan erop wijzen dat er een interactie bestaat tussen lichtintensiteit en temperatuur met betrekking tot bloemknopabortie. Volgens Leffring beïnvloedt de lichtintensiteit meer de bloemproductie per blad dan de afsplitsingssnelheid. De plant vormt namelijk minder blad ten opzichte van de bloem bij een hoge lichtintensiteit (meer bloemen) dan bij een lage intensiteit (meer abortie).

Van Os *et al.* (1990) lieten zien dat in de winterperiode de uitgroeiduur van de bloemknop korter is onder hogere lichtniveaus (10W/m² bij 20 uur). Hoe hoger de lichtintensiteit hoe korter de uitgroeisnelheid (tot 24% korter dan bij onbelichte planten). Het is de vraag in hoeverre dit een temperatuureffect van de belichting op blad en/of kastemperatuur is. Er was ook minder abortie, 22% meer zij scheuten en maar 1 blad tussen de bloemparen (in december). In de onbelichte planten waren er drie bladeren tussen de bloemenparen. Dit bevestigt de observaties van Leffring.

3.5.2 Lichtsom

In onderzoek van Van Os *et al.* (1989a) is in de periode september tot en met december onder daglengtes (12, 14 en 20 uur) belicht (3.7, 7.4 en 14.7 W/m²). Voor de cultivars 'Rozamunde', 'Terraflame' en 'Amber' gaf meer licht (uren en intensiteit) een betere kwaliteit bloem, gewicht van de bloem en steel, meer lengte en stevigheid (g/cm steel). Dit is ook bevestigd in een proef van Wessels en Verberkt (2005).

In proeven met assimilatiebelichting (Etoko, 2003) nam de productie door het belichten met 5000 lux met 17% toe ten opzichte van onbelicht. Dit was het geval zowel bij grootbloemige als bij kleinbloemige cultivars. Verhoging van 5000 lux naar 7500 lux leverde nog 5% extra productie op en verhoging van 7500 lux naar 10000 lux nog 7% extra productie. Vanaf week 42 zijn bij klein- als grootbloemige cultivars op de onbelichte meetvelden minder bloemen geoogst ten opzichte van de belichte meetvelden. Vanaf week 6 nam het aantal geoogste bloemen op de onbelichte meetvelden weer toe, en vanaf ongeveer week 14 lag de productie op de onbelichte meetvelden weer bijna gelijk aan het aantal geoogste bloemen op de belichte meetvelden (Figuur 3.1.). De extra productie op de belichte meetvelden was hoger bij rassen die onbelicht ook al een hoge productie gaven. Naast extra bloemen, werden door belichting de bloemen ook zwaarder. Het bloemgewicht was in week 50(2001) en week 1 en 4 (2002) op de belichte meetvelden (10.000 lux) bijna 30% hoger dan op de onbelichte meetvelden. Vooral de grootbloemige cultivars werden zwaarder. De bloemen waren langer en steviger. In de tweede winter was bij alle behandelingen met assimilatie belichting de relatieve toename in productie groter dan in de eerste winter. In de controle groep zonder extra licht was de productie over het algemeen lager dan in de eerste winter. Een verklaring hiervoor was dat assimilatie belichting een sterker effect heeft op oudere planten, maar het zou ook een doorwerking kunnen zijn van de effecten van betere omstandigheden tijdens de eerste winter. Ook de heersende lichtniveaus in de tweede winter zouden hier een rol kunnen spelen. Dit onderzoek bevat bruikbare data omdat er productiedata en gewicht en lengte bloem opgenomen is.



Figuur 3.1. Gemiddeld aantal geoogste bloemen per m^2 per week, van week 30 in 2001 tot en met week 16 in 2003, op meetvelden met grootbloemige cultivars. Blauw lijn = controle meetvelden (zonder belichting), roze lijn = meetvelden met 5000 lux belichting, rode lijn = meetvelden met 7500 lux belichting en zwarte lijn = meetvelden met 10000 lux belichting. (Etoko, 2003).

Het bloemgewicht lijkt hoger bij een langere belichtingsduur. Bij een bepaalde belichtingsduur geldt dat een hogere lichtintensiteit een hoger bloemgewicht oplevert (Tabel 3.3. Wessels en Verberkt, 2005). De behandeling met de laagste hoeveelheid toegevoegd groeilicht geeft in periode 2 het laagste bloemgewicht. Het gewicht van het totaal aantal geproduceerde bloemen in deze periode is voor deze behandeling echter niet het laagste;

- De bloemgewichten lopen op naarmate het aantal belichtingsuren toeneemt;
- Het totaal geproduceerde gewicht aan bloemen is bij een belichtingsduur van 16 uur lager dan bij een belichtingsduur van 11,5 uur en ook lager dan bij een belichtingsduur van 20 uur.

De bloemproductie volgt niet de toegevoegde lichtsom omdat er natuurlijk ook blad wordt geproduceerd. De hoogste toegevoegde lichtsom zal ook het meeste blad hebben, de ratio bloem: blad neemt af.

Tabel 3.3. Toegevoegd lichtsom (lux x uren) en gemiddeld bloemgewicht (g) en productie (g/m²) per behandeling in periode 2-2005.

Daglengthe (uur)	Lichtniveau (lux)	Toegevoegde lichtsom (luxuur)	Bloemgewicht (g)	Bloemproductie g/m ²
11,5	5750	66125	26,4	792
11,5	10000	115000	29,9	1076
16	5750	92000	29,6	592
16	10000	160000	32,6	913
20	5750	115000	34,5	897
20	10000	200000	36,5	1059

Wessels en Verberkt (2005).

In onderzoeken van Verberkt en Dings (2007 en 2008) is de kwaliteit van de bloem (lengte en gewicht steel, bloemdia-meter en stevigheid) over het algemeen beter bij de natuurlijk dag behandelingen, maar de bloemdiameter is in sommige periodes wel iets groter bij KD dan bij de natuurlijke dag behandeling.

In onderzoek in Italië (Cristiano *et al.*, 2008) gaven de geteste cultivars verschillende reacties op 4 uur dagverlenging (2000 lux) tijdens de herfst/winter periode. Het aantal meer stelen per plant was voor 'Cornice' 25%, 'Roxima' 20%, 'Zembla' 12% en 'Rosalin' 8%. Er was ook een positief effect op steellengte en versgewicht, maar geen effect op bloem-diameter.

In onderzoek bij Wageningne UR Glastuinbouw in Bleiswijk (Visser *et al.* 2010) met 1/2-jaar oude 'Dino' en 'Heatweave' planten is vanaf week 2 met twee lichtniveaus(5000 en 10.000 lux) belicht. Daarnaast is een daglengthe van 11.5 uur ingesteld gedurende 18 weken. Meer licht gaf een groter bloemdiameter (zie verder in hoofdstuk 4).

4 Temperatuur

4.1 Kastemperatuur

Een hogere temperatuur geeft een korter uitgroeiduur (o.a. Beringer, 1979, Leffring, 1981, Wessels en Verberkt, 2005). In de proeven van Wessels was bij hoge en lage belichtingsniveaus de uitloop iets versneld door hoge lichtniveaus, maar zij verklaarden dat dit waarschijnlijk veroorzaakt werd door een geringe temperatuurverhoging door de lampen. De planttemperatuur werd gemeten door een IR-meter gericht op het blad. Het is de vraag hoe de temperatuur midden in de plant waar de meristemen liggen beïnvloed wordt door lichtniveau en/of substraattemperatuur en wat voor effect dit heeft op de uitgroeiduur en kwaliteit van de bloem.

Leffring (1984) meldt dat de groeiwijze van Gerbera bijzonder is omdat het blad, de zijscheuten, de voortzettingen en de bloemknop allemaal heel dicht bij de grond/substraat geïnitieerd worden. De plant ontwikkelt bladeren en deze bedekken ook de grond/substraat. Daarom is het belangrijk om te weten in hoeverre de temperatuur in het midden van de plant beïnvloed wordt door de luchttemperatuur.

Kwaliteit van de stelen wordt bevorderd door een lage nacht kastemperatuur van 9°C en 12°C (Leffring, 1981) en 15.6°C (Roh, 1984). Senecal en Dansereau (1987) toonden een negatieve correlatie in 'Happipot' tussen nacht temperatuur (9,13,17 en 20°C) en aantal vertakkingen, een lagere temperatuur gaf meer vertakkingen. Het aantal bloemen was niet significant verschillend tussen de nachtbehandelingen. Bloei was wel versneld met een lage nachttemperatuur en met assimilatie belichting.

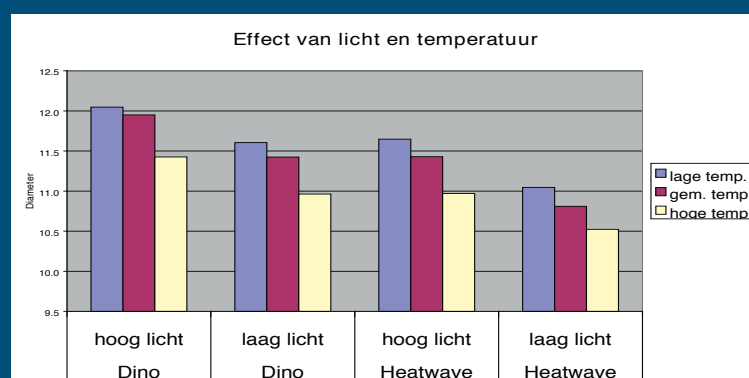
Van Os *et al.* (1989c) vonden dat bloemknopabortie (verdrogen en aborteren van bloemknoppen tot een steellengte van 5cm) het meeste voorkwam van november tot februari. Zij schatten in, dat ongeveer 25% van alle aangelegde knoppen aborteren. In die tijd was daglengtebeperking nog geen issue. Bloemknopabortie was ras afhankelijk, maar het aantal afwijkende en geaborteerde bloemen steeg als de dagtemperatuur steeg bij gelijkblijvende etmaaltemperatuur in 'Fleur', 'Terrafame' en 'Joyce'.

4.2 Daglengte en lichtintensiteit in combinatie met luchttemperatuur

Een combinatie van daglengte, lichtintensiteit en temperatuur met 1/2-jaar oude 'Dino' en 'Heatweave' planten is onderzocht door Visser *et al.* (2010). Vanaf week 2 zijn met twee lichtniveaus (5000 en 10.000 lux) belicht. Daarnaast is een daglengte van 11.5 uur ingesteld gedurende 18 weken. Er zijn verschillende temperatuurniveaus gebruikt: starten in week 2 met dag/nacht 18/14 (etmaal 16); 20/16 (etmaal 18) en 22/18 (etmaal 20) en eindigen in week 19 met 21/17 (19); 23/19 (21) en 25/21 (23), waarbij om de 3 weken een ½ graad erbij kwam. Er zijn wekelijkse metingen gedaan van blad- en bloemafplitsing, gewichtstoename wortel, blad, bloem, bloemkenmerken: diameter, gewicht, lengte, stevigheid en het kasklimaat. Beide cultivars produceerden grotere bloemen (Figuur 4.1.) en langere stelen als de belichtingsintensiteit verhoogd werd maar een verhoogde temperatuur resulteerde juist in kleinere bloemen. Kort samengevat zijn de conclusies:

- Een hogere temperatuur geeft meer stuks, een kleinere diameter, langere takken, een lager takgewicht en een kortere uitgroeiduur.
- Een hoger lichtniveau geeft meer stuks, een grotere diameter, een hoger takgewicht, maar heeft geen invloed op taklengte en uitgroeiduur.

Diameter



Figuur 4.1. Invloed van lichtniveau en temperatuur op bloemdiameter bij de cultivars Dino en Heatwave.

Hoog licht = 10000 lux, laag licht = 5000 lux, lage temp = start D/N 18/14 naar 21/17, gemiddeld temperatuur = start D/N 20/16 naar 23/19 en hoge temperatuur = start D/N 22/18 naar 25/21.

4.3 Worteltemperatuur

Wat betreft de verschillende effecten van lucht- of bodemtemperatuur, staat er in een rapport van Beringer (1979) een aantal interessante conclusies. In dit onderzoek onderzocht hij het effect van lucht en bodemtemperaturen (11 – 21 °C) op 'Fredaisy'. Naast andere groeikenmerken is de uitgroeiduur en de vroege strekking van de steel positief en meer beïnvloed door lucht- dan bodemtemperatuur, terwijl de ontwikkelingssnelheid van nieuwe bloemknoppen (bladafsplitsing), de eindlengte van de bloemstelen en de late strekking van de steel positief en meer beïnvloed door bodem dan luchttemperatuur. Dit lijkt vreemd maar wordt door Beringer verklaard door het feit dat een koude bodem de nutriëntenopname beperkt. Wortel verwarming en lage luchttemperaturen tijdens de winterperiode verhoogt ook de productie (Tesi, 1977 en Leffring, 1981).

In onderzoek van Lin en French (1985) heeft bodemverwarming van 16 °C tot 23 °C geen effect op productie, maar de bloemsteellengte was wel langer. De mogelijke storende effecten van de luchttemperatuur op deze resultaten is genoemd. Tesi (1977) vond dat wortelverwarming (18-21 °C) de bloemdiameter en bloemsteellengte verhoogt.

In onderzoek van Van Os (1987) met matverwarming bij 'Appelbloesem' van april 1985 tot mei 1986 was er in de eerste twee maanden een hogere productie bij hogere mattemperatuur, maar aan het einde van de proefperiode was er geen verschil. Wel waren de bloemen met matverwarming minder van kwaliteit. De temperaturen waren hoog, 18, 23 en 28 °C en dit heeft mogelijk een effect op de luchttemperatuur.

In onderzoek gedaan door Tsujita en Dutton (1987) met 'Gallant', 'Frederello' en 'Labrio' zijn twee worteltemperaturen aangehouden, 12,5 en 22 °C en overdag was de kas temperatuur gemiddeld 16 °C en 's nachts 12,5 °C. In alle cultivars gaf wortelverwarming een grote toename in productie. De grote verschillen in aantal bloemen per plant tussen de behandelingen zijn waarschijnlijk veroorzaakt doordat meer zijstelen gevormd worden onder lage kastemperatuur ('s nachts 12,5 °C) wat leidt tot meer bloemknoppen. (Dit lijkt meer een DIF-effect, zie volgende sectie). De vroege strekking van de bloemsteel wordt door luchttemperaturen gestimuleerd (Beringer, 1979) en de latere strekking door bodemtemperatuur. Verwarming van het gebied rondom de wortels kan het aantal stelen per m² en de kwaliteit van gerbera verhogen (Bult-huis, 1979). Onderzoek door Romero-Aranda en Martinez, (1993) in een substraat teeltsysteem trachtte de fysiologische effecten van substraatverwarming (19 °C) te ontrafelen.

Er leek een beter waterstatus te ontstaan in de planten met substraatverwarming en de hogere temperatuur zou de gerbera wortels meer watertoelatend maken. Ook was er een beter wortelontwikkeling in het verwarmde substraat. Echter er bleven nog vragen over het toepassen van substraatverwarming om in zuid Europa de productieafname van november tot maart te ondervangen. Onderzoek in België (Labeke en Dambre, 1999b) toonden aan dat voor 'Optima' alleen grondverwarming resulteerde in een significante toename van het aantal stelen in de periode september tot april maar dat de stelen ook significant korter waren dan in de controle zowel bij grond als kasverwarming (20 °C/18 °C D/N). Als het grondsysteem het minimum verwarmingsniveau niet bereikte, werd de kasverwarming wel ingezet. Niet significante verschillen in 'Tiffany' werden gevonden en ook hier was de lengte van de stelen en het gewicht lager met grondverwarming. Waarschijnlijk heeft de relatief hoog kastemperatuur de kwaliteit van de stelen negatief beïnvloed.

4.4 DIF

In onderzoek gedaan door Van Os *et al.* (1989b) was de productie en kwaliteit in de periode november tot en met maart van 'Fleur' en 'Terriflame' bij een constante etmaal temperatuur (18 °C) duidelijk lager bij een hogere dagtemperatuur (21 °C) en lagere nachttemperatuur (14 °C). Voor 'Joyce' was dit verschil aanwezig maar niet significant. Een lage dag (14 °C) en een hoger nachttemperatuur (21 °C) geeft zwaardere bloemen met een hoger drogestofpercentage.

Erwin *et al.* (1991) toonden in potgerbera wel een sterk effect van DIF op plantmorfologie maar Nress (1991) vond weinig of geen effect van DIF op plantmorfologie in snijgerbera. Een effect van DIF op plantmorfologie (kortere planten) is vooral geregeld door planthormonen waarbij de inhibitie van gibberelline een rol speelt. (Erwin *et al.*, 1991).

4.5 Kasklimaat (model Richter, 2001)

Het doel van het promotieonderzoek vna Richter was een gerberamodel te bouwen en te ijken dat later als advies- en sturingsinstrument ingezet zou kunnen worden.

4.5.1 Gebruikte data

Richter heeft proeven uitgevoerd met het grootbloemige ras 'Moana' in een proefkas van eind juli 1996 tot medio juni 1997. De groei- en oogstmetingen waren zeer uitgebreid en bestonden uit het volgen van het oppervlak van afzonderlijke bladeren, steellengte- en ontwikkeling van de diameter van de bloemen, bloemenoogst, bladpluk, verwijdering oud blad, etc. aan in totaal 12 planten. Via een relatie tussen bladbreedte, bladlengte en -oppervlak, voorafgaand aan de proeven destructief bepaald, kon het LAI-verloop van de hele teelt berekend worden. De lichtextinctie is met LICOR lichtsensoren onder een aantal verschillende lichtcondities bepaald. Hiermee werd de extinctie coëfficiënt berekend, zodat voor elk moment in de teelt de lichtabsorptie op gewasniveau berekend kon worden.

Drie irrigatie strategieën werden naast elkaar in dezelfde kleine kas uitgevoerd, en de data werden benut ter verificatie van het model. De gangbare klimaatdata werden gelogd. Tevens zijn fotosynthesemetingen (CO₂-fixatie, respiratie en verdamping) uitgevoerd. Hierbij is naast de gebruikelijke reeks lichtniveau 's (tot 339 W m⁻² PAR) ook een temperatuurreeks (6 tot 30 °C), een CO₂-reeks (125 tot 2050 ppm), bladleeftijd (20 tot 250 dagen), stikstofgehalte in de mat, en vochtdeficit doorgemeten.

4.5.2 Principewerking model

Veel modelonderdelen zijn ontleend aan eerdere modellen met een bewezen staat van dienst. Zo zijn fotosynthese, respiratie, drogestofverdeling en stikstofopname tot stand gekomen uit eerdere modellen. De twee belangrijkste, unieke aanvullingen betreffen de bladopbouw en de generatieve ontwikkeling zijn uitgewerkt als volgt: het bladopbouwmodel gaat uit van 3 leeftijdsclassen blad, een bladafsplittingsnelheid en een verouderingsproces. De blad- en bloemvorming zijn aan elkaar gekoppeld via een schakelfunctie, die een wisselende mate van generatieve of vegetatieve sink kan voorspellen.

4.5.3 Conclusies model Richter

Modelresultaten kwamen goed overeen met de metingen van bloemproductie. Voor correcte simulatie van het bladoppervlak waren enkele parameteraanpassingen nodig. Kritiekpunten: de verificatie werd uitgevoerd op dezelfde data als van de ijking, en onduidelijk is of voor de geleverde prestatie (simuleren van 3 teeltstrategieën gedurende 1 jaar) wel een dergelijk complex model noodzakelijk is. Dit betekent veel uitzoekwerk waarvan veel niet relevant lijkt te zijn. Het model is voor zover bekend verder niet toegepast in Duitsland.

Voor het ras 'Moana' kwam Richter tot opmerkelijke conclusies: het ras is schaduwminnend en is lichtverzadigd bij 300 W m⁻² PAR (ca. 700 μ mol). Het model is in staat het effect van een bladverwijdering op de groei te voorspellen. Verder adviseert de auteur een RV van 80%, en dag- en nachttemperaturen van 18 en 15 °C respectievelijk.

Wat niet in dit model zit, is een directe invloed van daglengte op vooral bloemafplitsing. Volgens Leffring (1981) heeft daglengte een gering effect op bladafplitsing. Richter noemt lichtsom als het belangrijkste invloed op de afplitsing. Hij noemt 160 W/m² als maximaal benodigde lichtintensiteit voor 'Moana', een schaduwminner.

4.6 CO₂, RV en Koeling

In een experiment met Gerbera en verschillende CO₂-niveaus toonde Van Berkel (1984) aan dat 'Marleen' gevoeliger was voor schade bij niveaus boven 800 ppm. 'Veronica', 'Appelbloesem' en 'Gosta' waren minder gevoelig en de productie was hoger bij 1200 ppm dan bij 800 ppm.

In een proef in Horst (Dings en Verberkt, 2008) is koeling door verneveling ingezet om onder andere het CO₂-niveau in de kas te verbeteren. Het idee hierachter was het gewas tijdens de korte dag van 11,5 uur zo vegetatief mogelijk te sturen zodat tijdens de lichtperiode de plant optimaal presteert. Bij de klein- en grootbloemigen wordt significant in de eerste periode (week 21 – 30) en in de tweede periode (week 31 - 40) de hoogste productie behaald in de KD afdeling met verneveling en vervolgens in de KD behandeling. In de laatste periode is alleen bij de grootbloemigen significant meer bloemen geproduceerd in de KD en KD plus verneveling. Er zijn wel rasverschillen. In dit onderzoek heeft een hogere CO₂-niveau wel bijgedragen in de zomer aan een hogere productie in een korte dag kas met koeling. In het najaar heeft koeling in de korte dag kas mogelijk bijgedragen aan een mindere plant kwaliteit.

4.7 Cultivar

In onderzoek waarin verschillende cultivars getest zijn, worden cultivarverschillen duidelijk. Een voorbeeld is het onderzoek van Wessels en Verberkt (2005) waarbij in de cultivars 'Luna' en 'Timo' het aantal stuks/m² toeneemt ten opzicht van 11,5 uur met 5750 lux alleen onder een 11,5 uur dag en een belichting van 10000 lux. Bij alle andere daglengtes (16 en 20 met 5750 of 10000 lux) is de productie lager. Bij de cultivars 'Grizzly' en 'Husky' is er een meerproductie ten opzichte van 11,5 uur en 5750 lux onder de andere daglengtes maar dan alleen bij een hoog lichtniveau. De daglengtegevoeligheid is dus hoger bij 'Luna' en 'Timo' dan bij 'Grizzly' en 'Husky'.

De plantvorm is ook verschillend tussen de cultivars maar omdat over het algemeen de LAI (hoeveelheid blad (m²) ten opzicht van kas (m²)) bij volwassen planten 3 is en alle licht wordt onderschept is dit verschil niet belangrijk voor fotosynthese. Cultivars kunnen ook gevoelig of minder gevoelig zijn voor wortel temperatuur.

Er is over het algemeen een enorm gebrek aan kennis die deze cultivarverschillen kan verklaren.

5 Fotosynthese metingen

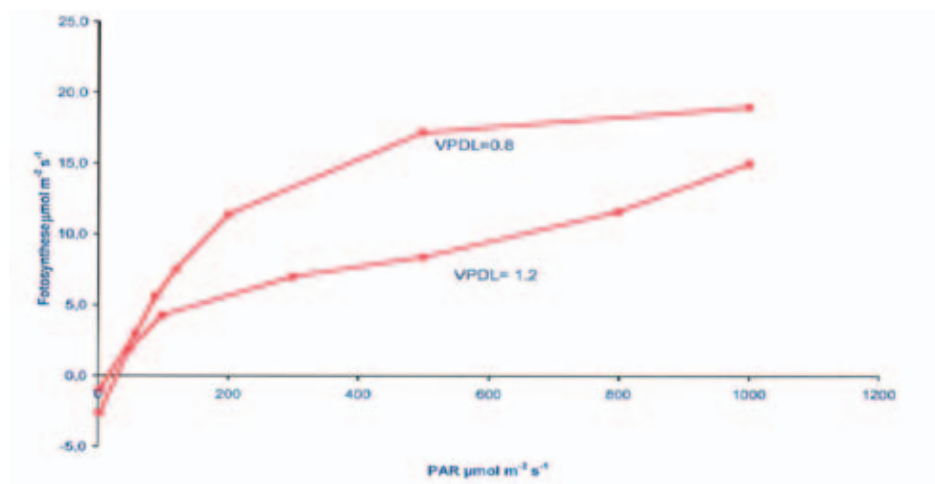
In onderzoek uit 1993 (Romero-Aranda *et al.*) in Spanje is de netto fotosynthese van 'Maria' gemeten op maximaal 8 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ in januari met substraatverwarming t.o.v. 6.5 zonder substraatverwarming. In april waren de metingen 13.5 en 8 respectievelijk.

In 2001 hebben Issa *et al.* fotosynthese gemeten bij verschillende substraten (zeolite, perliet en een 1:1 mengsel hiervan) en verwarmingssystemen hoog, (0.5 m boven substraat) en laag (op substraat) op 'Cyprus' en 'Heart Breaker'. Het doel was te kijken welke (combinatie van) systeem de beste fysiologische respons gaf onder zuid Europeaanse omstandigheden. De hoogste netto CO_2 -assimilatie snelheid was 10 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ in april (in mei is zwarte schaduwdoek geïnstalleerd en de CO_2 -assimilatie was gehalveerd).

Richter (2001) heeft ook vele fotosynthesemetingen uitgevoerd.

Sevelius (2003) onderzocht een manier om gerbera cultivars te 'screenen' door fotosynthetische parameters te meten aan jonge plantjes (3-5 blaadjes). De volgende factoren waren getest: 1) netto CO_2 -opname onder verschillende lichtniveaus (0, 25, 50, 100, 200, 500, 1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), 2) blad zuurstof productie onder verschillende lichtniveaus (0, 40, 80, 120, 160, 400, 740 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), 3) chlorofyl fluorescentie (meten van stress) 4) het vers- en drooggewicht en 5) bladoppervlak van de plantjes. De resultaten toonden aan dat 'Lynx' was minder geschikt voor lage lichtniveau's dan 'Lamborghini' en 'Terra Regina,' doordat minder versgewicht werd aangemaakt en minder bloemen werden geproduceerd. Dit kwam overeen met praktijkervaring van de veredelaar. Het blijkt dat tijdens de vroege groei lichtonderschepping bijna geheel afhankelijk is van het totale bladoppervlak.

In onderzoek uitgevoerd voor PT door Etko B.V in 2003 is een aantal fotosynthese metingen uitgevoerd waarin het effect van PAR-licht en VPD (dampdruk deficit in kPa, het verschil tussen de dampdruk van verzadigde lucht en de dampdruk van de kaslucht) gemeten is. Figuur 5.1. laat zien dat bij een hogere dampdruk deficit (hogere vochtdeficit of lager RV) fotosynthese geremd wordt. Dit komt door de (gedeeltelijke) sluiting van de huidmondjes.



Figuur 5.1. Fotosynthese activiteit (opgenomen CO_2 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) bij 'Ferrari' bij PAR-lichtniveau's variërend van 0 tot 1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ bij een dampdruk deficit van 0.8 kPa (VD 4 g/m^3) en een dampdruk deficit van 1.2 kPa (VD 6 g/m^3). Een VD van 4 = 70% RV bij 22 °C en een VD van 6 = 55% bij 22 °C.

Zheng *et al.* (2005) in Canada onderzochten de effecten van vaste en mobiele verlichting in de potgerbera teelt. Een assimilatieniveau van maximaal 10 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ boven een PAR-niveau van 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ was gemeten.

Er is wel een gebrek aan fotosynthesemetingen bij verschillende daglengtes. Is het zo dat bij daglengte gevoelige cultivars de fotosynthese efficiëntie lager is onder 20 uur licht dan onder 11,5 uur licht?

6 Discussie en conclusies

6.1 Groei en bloei

Gerbera is een kwantitatieve korte dag plant wat betekent dat over het algemeen er minder bloemen worden geproduceerd als de nachten korter worden. In onderzoeken van Meynet (1974) en Leffring (1981) wordt het aantal aanwezige zij scheuten bij het uitgroei van de eerste bloem genoemd als bepalend voor de productie. Dit geeft aan dat het plantvorm bij aanvang van de teelt van belang lijkt te zijn.

Een gerberaplant heeft een sympodiale groeiwijze wat betekent dat de hoofdscheut en zij scheuten en voortzettingen (zij- van zij scheuten) allemaal met elkaar verbonden zijn, en blijven, tijdens de teelt. Waarschijnlijk is hierdoor de onderlinge concurrentie door vele bloemknoppen groot (Leffring, 1981). Er is wel correlatie tussen het aantal bladeren en de hoeveelheid aangelegde bloemen maar geen correlatie tussen het aantal bladeren en het aantal werkelijke gevormde stelen. Dit komt door de complexiteit aan effecten van de combinatie licht en temperatuur op de bloemontwikkeling waarin daglengte en lichtintensiteit tegenstrijdige rollen lijken te spelen. Bloei wordt wel gestimuleerd door assimilatiebelichting maar voor cultivars die gevoelig zijn voor KD geeft assimilatie belichting alleen tijdens een korte dag een meerwaarde. Bijbelichten voor meer dan 12 uur werkt knopinitiatie tegen, terwijl hogere lichtniveau 's bloei initiatie bevorderen. Het wel of niet aborteren van een bloem is ook afhankelijk van de fase waarin de bloemontwikkeling zich bevindt bij de 'ongunstige omstandigheden' van (te) hoge temperatuur of (te) laag licht.

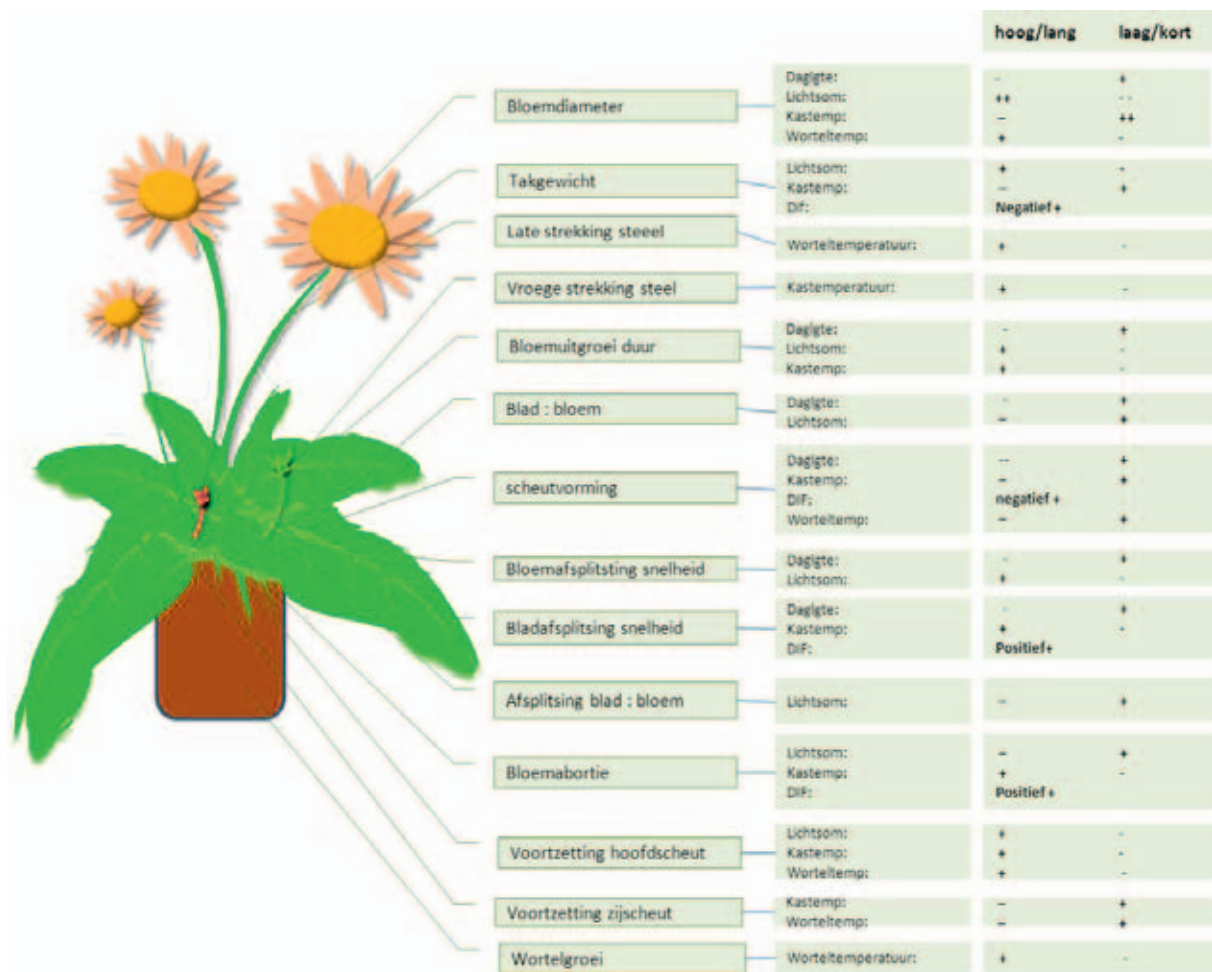
Bijbelichten in de donkerste periode van het jaar heeft wel positieve effecten op de kwaliteit en productie maar bij meer dan 12 uur per dag belichting ontstaat een sterke productiet terugval vanaf 5-6 weken nadat de daglengte is verlengd naar meer dan 12 uur. Deze terugval treedt niet op bij telers die minder dan 12 uur per dag belichten. Een daglengte verkorting in de zomer verlaagt de blad/bloem verhouding. Misschien is het mogelijk om verschillende daglengtes te handhaven naar, en vanaf de langste dag.

Een hoge temperatuur en relatief lage lichtniveau's stimuleren vegetatieve groei en geven meer blad en minder bloemen (door abortie). Bij lage temperaturen wordt minder blad aangelegd (lage bladafsplittingsnelheid) en gedraagt de plant zich meer generatief en vormt meer bloemen. Een hogere lichtintensiteit reduceert de bladaanleg nog verder. Een hoge temperatuur bevordert het aantal voortzettingen op de hoofdscheut terwijl lage temperaturen en korte dag het aantal zij scheuten en hun voortzettingen bevorderen. Het is niet duidelijk wat voor effect dit heeft op het werkelijke aantal geoogste bloemen.

Doordat gerbera een rozet groeiwijze heeft is het effect van de luchttemperatuur op de plant moeilijk te beoordelen doordat het groeimersiteem verborgen zit binnen de krans met bladeren. Belichting kan ook de planttemperatuur beïnvloeden. Bodemtemperatuur stimuleert bladafsplitsing en wortel verwarming en lage luchttemperaturen verhogen de productie en kwaliteit. De temperatuur van de bodem heeft ook een effect op de planttemperatuur vanwege de plantvorm,. Dit geldt niet voor bloemen en bladuiteinden. Ook op een gotensysteem zal de invloed van de bodem beperkt zijn tot die delen die grenzen aan de pot.

Het volgende Figuur 6.1. geeft de interacties weer tussen morfologie van de plant en de meest bepalende klimaatfactoren. Voor het juiste begrip van de groei van gerbera is het noodzakelijk deze interacties te zien in relatie tot de plantopbouw. De Gerberaplant is opgebouwd uit aan elkaar verbonden scheuten die allen na 1 tot 5 bladeren eindigen in een paar bloemen en zich daarna voortzetten. De productie wordt bepaald door de hoeveelheid scheuten die zich voortzetten, bloemen die afsplitsen, het aantal bladeren tussen de bloemparen, de afsplitsingsnelheid, de uitgroeiduur van de bloem en bloemabortie. De basis voor de productie op lange termijn is het aantal scheuten, maar op korte termijn bepalen de afsplitsingsnelheid, het aantal bladeren tussen bloemparen, de uitgroeiduur en bloemabortie de productie. Zoals in de figuur is af te lezen zijn de meest gunstige omstandigheden voor productie min of meer tegengesteld aan die voor scheutvorming en voortzetting van zoveel mogelijk scheuten.

Dezelfde tegenstelling is er ook tussen kwaliteit en abortie ten opzichte van productiesnelheid, met name bij een afnemende lichtsom.



Figuur 6.1. Samenvatting morfologie en klimaatfactoren voor Gerbera opgesteld. Een + is meer een - is minder. Voor alle factoren geldt hoog en laag, behalve daglengte (lang/kort) en DIF (positief of negatief).

Een hogere CO₂-niveau geeft een hogere productie maar verneveling kan een negatief effect hebben op plantkwaliteit in het najaar. Een lange nacht periode heeft ook een effect op het nachtklimaat in de kas omdat er geschermd wordt en dit kan een effect hebben op het kasklimaat (hoge luchtvochtigheid) in de nacht vooral in de zomerperiode.

6.2 Data

In de proeven omschreven in deze literatuurstudie is over het algemeen weinig bruikbare data voor een model te vinden, omdat in de meeste gevallen geen gedetailleerde klimaatdata is verzameld. Onderzoek uitgevoerd door DLV, Etko en Wageningen UR-Glastuinbouw lijken de meeste geschikte gegevens op te leveren. De waardevolle datasets van Horst en Zwaagdijk kunnen gebruikt worden om de simulatie van de gewasreactie op een gezamenlijk effect van daglengte, lichtniveau en temperatuur aan te passen. Maar de correctheid kan beslist niet worden gegarandeerd. Zo kan niet de ruimtetemperatuur direct verantwoordelijk zijn voor bladafplitsing maar de substraattemperatuur, echter die is niet gemeten noch correct te herleiden uit de ruimtetemperatuur. Daarnaast zal er invloed zijn van CO₂, RV en voeding die we niet kunnen kwantificeren. Het werk van Richter biedt ook vele mogelijkheden, hij heeft echter geen respons van daglengte op zijn ingewikkelde blad- en bloemafplitsingsmodule ingebouwd, waardoor we in feite opnieuw moeten beginnen.

Op basis van studies van met name Leffring is een groeimodel met gevoeligheid voor daglengte te bouwen. Echter, dit zal dan nog gebonden zijn aan vele beperkingen als het in de praktijk bij wisselende klimaatomstandigheden moet functioneren:

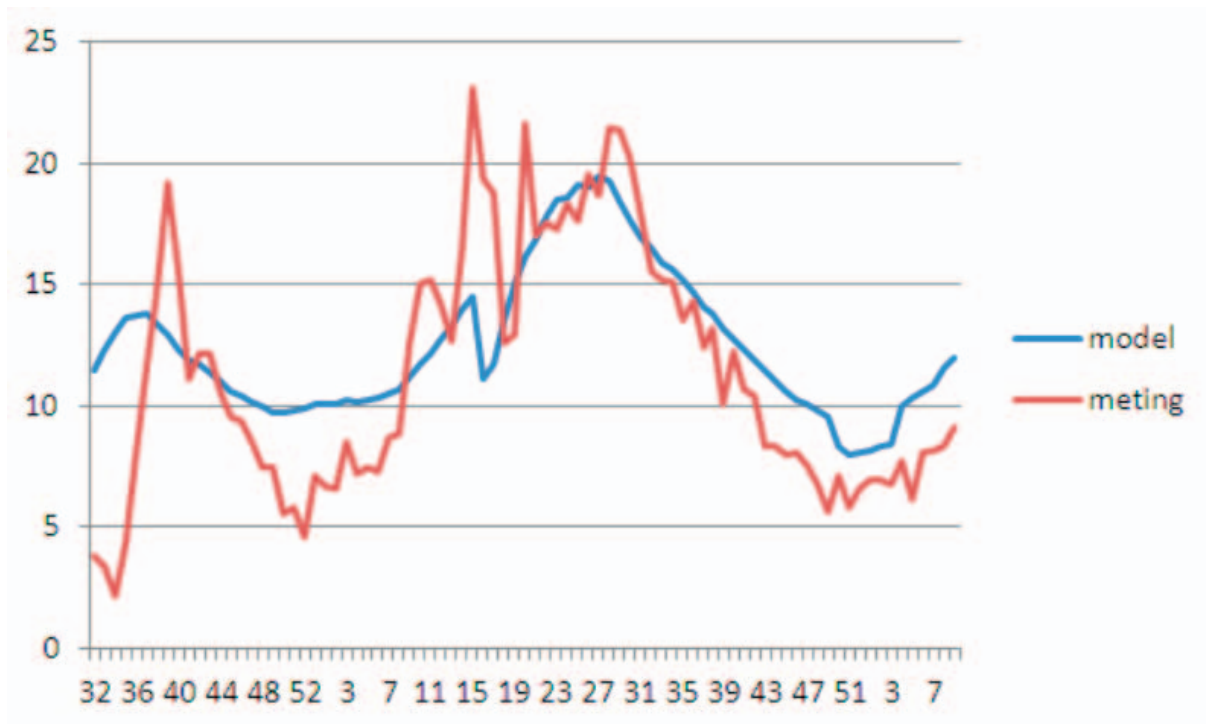
- Haar werk betrof slechts 2 daglengtes, de in de praktijk meest gebruikte moeten we interpoleren
- In die interpolatie weten we vervolgens niets over de interactie met temperatuur of lichtniveau, dat kan heel anders uitwerken dan voor 8 uur LT of 16 uur HT enz.
- Haar werk betreft niet de huidige cultivars
- Haar werk zegt niets over biomassaontwikkeling en wortelgroei, waarmee de source/sink-simulaties niet te ijken zijn
- Sommige resultaten spreken elkaar tegen, of zijn in strijd met ander werk.

Naast data uit de literatuur zijn er data uit recent onderzoek en monitoring in de praktijk verzameld. Tabel 6.2. geeft een overzicht een korte evaluatie van deze praktijkdata weer.

Tabel 6.2: Overzicht van verzamelde datasets ter validatie van het groeimodel.

onderzoek	jaar	Aan te leveren door	Data geleverd	Ras	variëties
Verduisteringsonderzoek	2007	DLV	nee	Bizon', 'Cristal Kimsey', 'Cherany', 'Deep-Purple', 'EasyLove', 'RisingSun'	
Daglengte en airco	2008	DLV	nee	'Harley', 'Husky', 'Kimsey', 'Timo', 'Heatwave', 'Optima', 'Red Explosion', 'Ruby Red'	
Lots of flowers	v.a. wk. 12 2010	DLV	ja	Kimsey, Husky, Suri	geen
Zwaagdijk onderzoek Gerben Wessels (geen interne PAR, problemen met CO ₂)	2003-2004	DLV	nee	Harley, Whisper, Navalino	daglengte
Growwatch Groenewegen	Juli 2008-juli 2009	Floriconsult	ja	Kimsey	geen
Growwatch Zuidplas	Juli 2009-heden	Floriconsult	ja	Rich	geen
Parapluplan Botrytis, telers	2007-2008	WUR	ja	Dino, Heatwave, Kimsey	geen
Parapluplan Botrytis, WUR proef	2008	WUR	ja	Dino, Heatwave	2x licht, 3xtemp
Fotosynthese metingen Horst/Zwaagdijk (rapporten)	?	DLV	nee		daglengte
Growwatch Ouddijk	Jan 2010-heden	DLV/WUR	ja	Kimsey, Husky, Suri	geen
Labeke (Belgie)	1999	WUR	ja	Optima	minBuis
Richter	aug 96-juni 97	Richter	nee	Moana	substraat
HNT proef IC	2009-heden	WUR/IC	ja	Kimsey, Okidoki, Suri	HNT

Om het model te testen dat nu binnen WUR ontwikkeld is, is de dataset van WUR/IC ingevoerd om de modelrelaties aan te vullen. De productie is gesimuleerd en weergegeven in Figuur 6.2. De voorspelling van de productie is nog onvoldoende.



Figuur 6.2. Bloemaantallen (stuks per week per m²) bij HNT Gerbera zoals gemeten (bron: Arie de Gelder, WUR) en gesimuleerd in het niet verbeterde model.

6.3 Leemtes in de kennis

- Effect plantopbouw (aan het begin van de teelt) op de productie(-potentie) en mogelijkheden hierin te sturen.
- Eenduidigheid over hoe zijscheuten en hoofdscheut elkaar remmen
- Fysiologisch concept over hoe daglengte en temperatuur interacteren t.a.v. bloei
- Effect van daglengtes van minder dan 11,5 uur met en zonder (bij)belichting)
- Effect van de temperatuur van de plant (groeipunt/worteltemperatuur) op bloemontwikkeling
- Cultivar effecten op daglengte reacties
- Effect van daglengtes met meer kou in de nacht, kunnen wij langere dag aanhouden?
- Effect van lange dag in perioden met veel natuurlijk licht en voorafgaand aan perioden met minder licht.

6.4 Vervolg

Een test met de beschikbare datasets (WUR/IC en Oudijk heeft laten zien dat de productie nog niet naar tevredenheid voorspeld kan worden. Deze literatuurstudie en de data uit de datasets alleen biedt onvoldoende basis voor het verder doorontwikkelen van het groeimodel. Een kasproef met nauwkeurige waarnemingen is nodig. Deze literatuurstudie geeft wel duidelijk aan welke factoren van belang zijn bij de groei en ontwikkeling van Gerbera. In de kasproef met verschillende daglengtes, die aansluitend op dit onderzoek wordt uitgevoerd, zal hiervan gebruik gemaakt worden.

De modelrelaties worden aangevuld met kennis uit deze proef. De interface wordt aangepast en er wordt gewerkt aan een platform om het model via internet beschikbaar te stellen.

7 Literatuur

- Autio, J. 2000.
Supplementary lighting regimes strongly affect the quantity of gerbera flower yield. *Acta Hort.* 515
- Berkel van, N. 1984.
Injurious Effects of High CO₂-concentration on Cucumber, Tomato, Chrysanthemum and Gerbera. *Acta Hort.* 162, p 101 – 111
- Berninger, E., 1979.
Effects of air and soil temperatures on the growth of gerbera. *Scientia Hort.*, 10: 271–276.
- Brouwer, R. 1962.
Nutritive influences on the distribution of dry matter in the plant. *Neth. J. Agric. Sci.* 10 : 399-408
- Bulthuis, J. 1979.
Kas- en bodemtemperatuur bij gerbera. Bloemisterijonderzoek in NL over 1978, aalsmeer:155-156
- Cristiano, G., M.A. Coccozza Talia, A.M.F. La Viola and A. Sancilio. 2008.
Influence of Supplementary Lighting on Autumn-Winter Yield of Four Gerbera (*Gerbera jamesonii*) Cultivars. *Acta Hort.* 801, ISHS
- Erwin, J.E., Heins, R.D. and Carlson, W., 1991.
Pot Gerbera production. *Minn. Comm. Flow. Grow. Bull.*, 40(5): 1-6.
- Etko. 2003.
Economische haalbaarheid van supplementaire belichting in de gerberateelt Uitbreiding op het onderzoek met behulp van plantmonitor metingen en fotosynthese metingen.
- Dings, E en H. Verberkt. 2007.
Toepassing verduisteringsscherm voor korte dag (KD) en vermindering lichtuitstoot bij gerbera. DLV plant, Wageningen.
- Dings, E en H. Verberkt. 2008.
Invloed toepassing verduisteringsscherm voor korte dag (KD) in combinatie met koeling bij Gerbera. DLV plant, Wageningen.
- Gijzen, H 2006.
Modelling of gerbera flower production, WUR Glastuinbouw.
- Issa, M. G. Ouzounidou, H. Maloupa en H.A. Constantinidou. 2001.
Seasonal and diurnal photosynthetic responses of two gerbera cultivars to different substrate and heating systems. *Sci. Hort.* 88: 215-234
- Labeke, M. C. en P. Dambre. 1999a.
Assimilatiebelichting bij gerbera niet steeds succesvol. *Verbondsnieuws* 20: 34-36
- Labeke, M. C. en P. Dambre. 1999b.
Invloed van minimum buisinstelling op productie en kwaliteit bij Gerbera. *Verbondsnieuws* 20: 27-29
- Leffring, L. 1973.
Flower production in Gerbera I. Correlations between shoot, leaf and flower formation in seedlings. *Scientia Horticulturae*, 1 (1973) 221-229
- Leffring, L. 1981.
De bloemproductie van gerbera. PhD thesis. Wageningen University
- Leffring, L. 1984. Influence of temperature on the morphology and flower production of gerbera cultivars. *Acta Hort.* 148; 575-579
- Lin, W.C. en C.J. French. 1985.
Effect of Supplementary lighting and Soil Warming on flowering of three gerbera cultivars. *Hort. Sci.* 20(2): 271-273
- Meynet, J. 1974.
The improvement of winter growing of Gerbera in greenhouses in the Mediterranean regions. *Acta Hort.* 43: 183-189

- Nress, T., 1991.
Effects of temperature, light intensity and photoperiod on plant growth and flowering in *Gerbera jamesonii*. Master Thesis, Agricultural University of Norway, 61 pp. (In Norwegian.)
- Os, van P. C. 1987. Hoge mattemperatuur heeft negatieve gevolgen bloemkwaliteit. Proefstation voor de Bloemisterij. Gewasverslag *Gerbera* 1987.
Consultantschap in Algemene Dienst voor de Bloemisterij
- Os, van P. R. de Koster en A.A.M. van der Wurff. 1989a.
Assimilatiebelichting: meer en kwalitatief betere bloemen. Vakblad voor de Bloemisterij 9: 44-45
- Os, van P. R. de Koster en A.A.M. van der Wurff. 1989b.
Dag/nachttemperatuur van invloed op productie en kwaliteit gerbera. Vakblad voor de Bloemisterij 7: 56-57
- Os, van P. R. de Koster en A.A.M. van der Wurff. 1989c.
Bloemknopabortie bij gerbera te beïnvloeden via temperatuur. Vakblad voor de Bloemisterij 7: 58-59
- Os, van P en R. de Koster. 1990.
Assimilatiebelichting van invloed op voedingsopname in gerbera. Vakblad voor de Bloemisterij 7: 70-71
- Pettersen, Rl, Gislerod, H.R. 2003.
Effects of lighting period and temperature on growth, yield and keeping quality of *Gerbera jamesonii* Bolus. European Journal of Horticultural Science 68, 32-7.
- Richter, M. 2001.
Erstellung eines Simulationsmodells für ein zu optimierendes Hydrokultursystem für die Gerbera-Schnittblumenkultur. Dissertation Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin.
- Roh, M. S. 1984.
Growth and flowering of *Gerbera* (*Gerbera jamesonii*) influenced by temperature, light and growth regulators. Florist and Nursery Crops Laboratory, USDA, Beltsville, Maryland 20705.
Abstract.
- Romero-Aranda, R en P.F. Martinez. 1993.
Diurnal course of gaseous exchange and leaf water potential in relation to substrate-heating of *Gerbera*. Photosynthetica 29 (1) : 95-101
- Senecal, M et B. Dansere. 1987.
Influence de la température nocturne et d'un appoint de lumière sur la croissance et le développement du *Gerbera* en du *Calendula*. Can. J. Plant Sci. 67: 871-879
- Sevelius, N. 2003. Photosynthetic Features of Three *Gerbera* Cultivars in Low Light. Acta Hort. 624, ISHS
- Shigeoka, H en Ohkouchi, N. 1993.
Effect of high temperature and shading during the developmental stages of inflorescence on flower bud abortion in *Gymnaster savatieri* Kitamura. Environment Control in Biology. 31 (1). 7-19. Abstract.
- Sysoeva, M.I., I. I. Slobodyanik, E. G. Sherudilo and N. V. Vasilevskaya 2007.
The Effect of Short-Term Daily Temperature Drops on the Processes of Organogenesis in *Cucumis sativus* L. under Different Photoperiods. Biology Bulletin, 2007, Vol. 34, No. 6, pp. 644–647.
- Tesi, R. 1977.
Effect of soil heating and spacing on gerbera flowering. Acta Hort. 68:115-120
- Tsuijta, M. J. en Dutton, R.G. 1987. Root zone temperature, effects on peatbag culture gerberas. Can. J. Plant Sci. 67: 585-587.
- Visser, P. de , Körner, O., Noort, F. van en Marcelis, L. 2010.
Parapluplan *Gerbera*. Deelproject 6: Voorspellen en Sturen. Rapport GTB-1049. Wageningen-UR Glastuinbouw.
- Wessels, G en H. Verberkt. 2005.
Invloed van lichtintensiteit en daglengte op de productie van *Gerbera*
DLV Facet ,Wageningen,
- Zheng Y, Blom T, Dixon M (2006)
Moving lamps increase leaf photosynthetic capacity but not the growth of potted gerbera. Scientia Horticulturae (Amsterdam) 107, 380-5.

